

---

# **BACHELORARBEIT**

---

**Herr Gregor Niklarz**

**Big-Data-Analysen im  
deutschen Profifußball**

**Wie die Datenrevolution den  
Fußball verändert**

**2016**

# **BACHELORARBEIT**

---

## **Big-Data-Analysen im deutschen Profifußball**

### **Wie die Datenrevolution den Fußball verändert**

Autor/in:

**Herr Gregor Niklarz**

Studiengang:

**Angewandte Medien**

Seminargruppe:

**AM13wS7-B**

Erstprüfer:

**Prof. Hermann Mayer**

Zweitprüfer:

**Prof. Thomas Pier**

Praxispartner:

**Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS**

Einreichung:

Ort, Datum

# **BACHELOR THESIS**

---

## **Big Data Analytics in German professional football**

### **How the data revolution changes football**

author:

**Mr. Gregor Niklarz**

course of studies:

**Applied Media**

seminar group:

**AM13wS7-B**

first examiner:

**Prof. Hermann Mayer**

second examiner:

**Prof. Thomas Pier**

practice partner:

**Fraunhofer Institute for Integrated Circuits IIS**

submission:

Ort, Datum

---

## **Bibliografische Angaben**

Niklarz, Gregor

Big-Data-Analysen im deutschen Profifußball – Wie die Datenrevolution den Fußball verändert

Big Data Analytics in German professional football – How the data revolution changes football

63 Seiten inklusive Abbildungen,  
Hochschule Mittweida, University of Applied Sciences,  
Fakultät Medien, Bachelorarbeit, 2016

## **Abstract**

Die vorliegende Bachelorarbeit befasst sich mit der Einflussnahme von Analysen großer Datensätze (Big-Data-Analysen) im Bereich des deutschen Profifußballs. Ein wichtiger Bestandteil beschäftigt sich damit, inwiefern Big-Data-Analysen relevant für den deutschen Profifußball sind und in welchen Formen die Datenrevolution für Veränderungen in diesem Gebiet sorgt.

Der Verfasser dieser Bachelorarbeit setzt den Fokus zum einen auf die Anwendungsbereiche von Big-Data-Analysen im deutschen Profifußball in Bezug auf Trainings- und Taktikanalysen sowie auf die Sporttechnologien, die damit in Verbindung stehen. Die empirische Untersuchung soll aufbauend darauf die Praxistauglichkeit einer Performance-Analyse aufzeigen und verdeutlichen, inwiefern Big-Data-Analysen die Optimierung von Trainingsmethoden und Taktikschulung im Profifußball beeinflussen und welche Vorteile daraus gewonnen werden.

# Inhaltsverzeichnis

<b>Inhaltsverzeichnis .....</b>	<b>V</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>VII</b>
<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>VIII</b>
<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>X</b>
<b>1 Einleitung.....</b>	<b>1</b>
1.1 Relevanz des Themas „Big-Data-Analysen im deutschen Profifußball“ .....	1
1.2 Fragestellung .....	5
1.3 Methode.....	5
<b>2 Theorie.....</b>	<b>6</b>
2.1 Weshalb werden Big-Data-Analysen im deutschen Profifußball angewendet? .....	6
2.1.1 Wird dem Fußball durch die zunehmende Datennutzung die Seele geraubt?.....	12
2.1.2 Sporttechnologie RedFIR im Einsatz.....	15
2.2 In welchen Bereichen des Profifußballs werden Big-Data-Analysen genutzt? .....	19
2.2.1 RedFIR Performance-Analysen .....	19
2.2.2 Medizinischer Bereich .....	24
2.2.3 Scouting.....	28
2.3 Wie steht es um den Schutz gesammelter Daten im Bereich des deutschen Profifußballs? .....	32

---

<b>3</b>	<b>Empirie – Anwendung des RedFIR-Systems auf die Trainingsmethodik im Fußball .....</b>	<b>35</b>
3.1	Ziel der empirischen Untersuchung .....	35
3.1.1	Fragestellung und Hypothesen .....	35
3.2	Methodik .....	37
3.2.1	Versuchsaufbau .....	37
3.2.2	Datenanalysen .....	39
3.3	Ergebnisse .....	46
3.3.1	Überblick der Ergebnisse .....	58
3.4	Diskussion .....	59
<b>4</b>	<b>Schluss teil .....</b>	<b>61</b>
4.1	Fazit .....	61
	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>XI</b>
	<b>Eigenständigkeitserklärung .....</b>	<b>XVIII</b>

## Abkürzungsverzeichnis

MLB	Major League Baseball
DFB	Deutscher Fußball-Bund
DFL	Deutsche Fußball Liga
HD	High-Definition
GPS	Global Positioning System
LPS	Local Positioning System
RFID	Radio-Frequency Identification
ToA	Time of Arrival
TDoA	Time Difference of Arrival
CEP	Complex Event Processing
PBE	Position Based Event
PEBE	Position and Event Based Event
EBE	Event Based Event
HR	Herzrate
EKG	Elektrokardiogramm
JSON	Java Script Object Notation
L.I.N.K.	Lokalisierungstechnologien, Identifikation, Navigation und eingebettete Kommunikation

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Analysesoftware VIS. Track.....	8
Abbildung 2 Positionierung der VIS. Track live Kameras im Stadion .....	9
Abbildung 3 Spielerstatistik (bereitgestellt durch Fraunhofer IIS).....	13
Abbildung 4 Komponenten eines RedFIR-Senders (Siehe # 19) .....	15
Abbildung 5 Beispielgrafik für die Systemstruktur des RedFIR-Systems (bereitgestellt durch Fraunhofer IIS) .....	17
Abbildung 6 Grafische Darstellung des CEP (Siehe # 22) .....	18
Abbildung 7 Darstellung eines Flächenvergleichs zweier Mannschaften (bereitgestellt durch Fraunhofer IIS) .....	20
Abbildung 8 Darstellung der Abstände innerhalb zweier Viererketten (bereitgestellt durch Fraunhofer IIS) .....	21
Abbildung 9 Darstellung der Laufwege (bereitgestellt durch Fraunhofer IIS) .....	21
Abbildung 10 Statistik des Ballbesitzes (bereitgestellt durch Fraunhofer IIS).....	22
Abbildung 11 Darstellung der Sprintintensitäten (bereitgestellt durch Fraunhofer IIS) ..	23
Abbildung 12 Leistungsbewertung grafisch dargestellt (bereitgestellt durch Fraunhofer IIS) .....	30
Abbildung 13 Laufwege zweier unterschiedlicher Spieler grafisch dargestellt (bereitgestellt durch Fraunhofer IIS) .....	31
Abbildung 14 Auswirkung unterschiedlicher Laufwege auf die Geschwindigkeit (bereitgestellt durch Fraunhofer IIS) .....	31
Abbildung 15 Versuchsaufbau im L.I.N.K. ....	38
Abbildung 16 Plot für die Darstellung der Lichtschranken (bereitgestellt durch Fraunhofer IIS) .....	40
Abbildung 17 Exemplarischer Plot für die Erkennung der Ballkontakte mit den unterschiedlichen Füßen (bereitgestellt durch Fraunhofer IIS) .....	43
Abbildung 18 Exemplarischer Plot für die Erkennung der Ballkontakte und dem Positionsverlauf des Balles (bereitgestellt durch Fraunhofer IIS).....	44
Abbildung 19 Exemplarischer Plot für die Erkennung der Ballkontakte (bereitgestellt durch Fraunhofer IIS) .....	45
Abbildung 20 Plot für den Positionsverlauf des Balles (Position A/Proband 1) (bereitgestellt durch Fraunhofer IIS) .....	49



---

Abbildung 21 Messung von Durchgang TG 9-10 der Passpräzision von Position A/Proband 1 (Einzelwerte bereitgestellt durch Fraunhofer IIS) .....	49
Abbildung 22 Plot für den Positionsverlauf des Balles (Position A/Proband 2) (bereitgestellt durch Fraunhofer IIS) .....	51
Abbildung 23 Messung von Durchgang TG 9-10 der Passpräzision von Position A/Proband 2 (Einzelwerte bereitgestellt durch Fraunhofer IIS) .....	51
Abbildung 24 Plot für den Positionsverlauf des Balles (Position B/Proband 1) (bereitgestellt durch Fraunhofer IIS) .....	55
Abbildung 25 Messung von Durchgang TG 19-20 der Passpräzision von Position B/Proband 1 (Einzelwerte bereitgestellt durch Fraunhofer IIS) .....	55
Abbildung 26 Plot für den Positionsverlauf des Balles (Position B/Proband 2) (bereitgestellt durch Fraunhofer IIS) .....	57
Abbildung 27 Messung von Durchgang TG 10-11 der Passpräzision von Position B/Proband 2 (Einzelwerte bereitgestellt durch Fraunhofer IIS) .....	57

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Exemplarische Tabelle für Messergebnisse .....	41
Tabelle 2 Ballverarbeitungszeit (Position A/Proband 2) .....	46
Tabelle 3 (Ballverarbeitungszeit (Position A/Proband 2) .....	47
Tabelle 4 Passpräzision (Position A/Proband 1) .....	48
Tabelle 5 Passpräzision (Position A/Proband 2) .....	50
Tabelle 6 Ballverarbeitungszeit (Position B/Proband 1) .....	52
Tabelle 7 Ballverarbeitungszeit (Position B/Proband 2) .....	53
Tabelle 8 Passpräzision (Position B/Proband 1) .....	54
Tabelle 9 Passpräzision (Position B/Proband 2) .....	56
Tabelle 10 Gesamtübersicht der Ergebnisse .....	58

# 1 Einleitung

## 1.1 Relevanz des Themas „Big-Data-Analysen im deutschen Profifußball“

Big Data zählt zu den Megatrends der global vernetzten Welt und hat sich schon in vielen Geschäftsfeldern durchgesetzt. Industrie, Gesundheitswesen und Polizei vertrauen bereits auf Statistiken und Analysen, die aus den riesigen Datenmengen hervorgehen.<sup>1</sup> Ausgangspunkt hierfür ist das Grundbestreben der Menschen zu messen, zu zählen oder zu wiegen, um daraus neue Erkenntnisse zu gewinnen oder Ereignisse vorherzusehen. Dasselbe passiert bei dem milliardenschweren Potential von Big-Data-Analysen in den unterschiedlichsten Anwendungsfeldern. Daten werden aufgezeichnet und analysiert, um einen möglichst großen Mehrwert zu generieren. Big Data beschreibt Nutzungspotentiale großer Datenmengen aus unterschiedlichsten Quellen und Formaten, welche aus Analysen hervorgehen.<sup>2</sup>

Ein Beispiel für den Nutzen von Big-Data-Analysen für den Bereich Marketing könnten Informationen aus sozialen Netzwerken, Bewegungsdaten sowie Wettervorhersagen sein, um bestimmte Produkte besser verkaufen zu können. Die Auswertung großer Datenmengen kann Zusammenhänge entdecken lassen, ohne den Grund dafür verstehen zu müssen. Das könnte die zukünftige Problemlösung von Menschen langfristig verändern.<sup>3</sup>

Dieses Nutzungspotential ist auch im Sport nicht unentdeckt geblieben. Analysen von Prozessen, die aus gesammelten Daten hervorgehen, gewinnen bei Sportarten mit hoher medialer Aufmerksamkeit immer mehr an Wichtigkeit.

---

<sup>1</sup> Vgl. Weiss [2015], o. S. (indirektes Zitat)

<sup>2</sup> Vgl. Kraus [2013], S. 1-8 (indirektes Zitat)

<sup>3</sup> Vgl. Steinebach/Winter/Halvani/Schäfer/Yannikos [2015], S. 8-10 (indirektes Zitat)

Die Revolution der Big-Data-Analysen im Sportbereich ist auf die amerikanische Profiligas im Baseball (MLB) zurückzuführen. 2001 wagte der Manager der Oakland Athletics, Billy Beane, sich nicht mehr auf seine Intuition zu verlassen, sondern auf reine Statistiken und Zahlen. Der Hintergrund dafür war es, sein Team aus einer äußerst schlechten Lage befreien zu wollen. Beane stellte einen Statistiker an seiner Seite ein, der dafür sorgte, das Team der Oakland Athletics nach statistischen Auswertungen neu zusammenzustellen. Anhand dieser Methode konnte der neue Partner von Beane Vorschläge für preiswerte Transfers abgeben, die vorherige Lücken im Team vervollständigten. Diese Zusammenarbeit sorgte für einen unglaublichen Erfolg von einer zwanzigmaligen Siegesserie. In einer hundertjährigen Ligageschichte des amerikanischen Baseballs schaffte das keine Mannschaft. Diese Erfolgsgeschichte wurde unter dem Namen „Moneyball – die Kunst zu gewinnen“ verfilmt. In diesem Film wird veranschaulicht, wie Statistiken den Sport berechenbar machen.<sup>4</sup>

Das Milliardengeschäft Fußball hat sich dahingehend erst spät verändert. Innovationen im traditionsreichen Fußball hatten es immer schwer. Bis beispielsweise die Torlinientechnik, bei der geortet wird, wann der Ball die Torlinie überschreitet, endgültig im Spielbetrieb der deutschen Bundesliga etabliert wurde, hat es lange Zeit gedauert. Diese Technik wird inzwischen bei weitem übertroffen, womit das Thema Big Data im Bereich des deutschen Profifußballs zunehmend an Bedeutung gewinnt. Große Vereine und Verbände wollen so wenig wie möglich dem Zufall überlassen und streben an, den eigenen Erfolg so stark wie möglich zu steuern. Nur der Wettkampf an sich, der durch zahlreiche Faktoren bestimmt wird, bleibt unantastbar.<sup>5</sup>

Ein Auslöser für die Relevanz des Themas „Big-Data-Analytics im Profifußball“ lässt sich auf die Weltmeisterschaft der Herren im Jahre 2014 in Brasilien zurückführen. Der deutsche Fußball Bund (DFB) hat zusammen mit dem Softwareriesen SAP eine Big-Data-Analyse-Software entwickelt, die für die

---

<sup>4</sup> Vgl. Justice/MLB.com [2013], o. S. (indirektes Zitat)

<sup>5</sup> Vgl. Schmitt [2013], o. S. (indirektes Zitat)

Spielvorbereitungen und Taktikschulungen für die Weltmeisterschaft 2014 in Brasilien wertvolle Erkenntnisse liefern sollte. Leistungsdaten wurden mit Hilfe von nachbetrachteten Begegnungen des Teilnehmerfeldes und der deutschen Nationalmannschaft gesammelt und mithilfe der Analyse-Software „Match Insights“ ausgewertet. Spielsituationen konnten somit nachgestellt werden um, Verhaltensweisen des Gegners vorhersehbarer zu machen und die Stärken und Schwächen analysieren zu können. Somit konnten Trainingseinheiten unter Bundestrainer Joachim Löw individuell angepasst und Spieler wie kleine Zahnräder aufeinander abgestimmt werden. Das Hauptaugenmerk des DFB-Trainers lag darauf, die Ballverarbeitung zeitlich zu verkürzen. Dies wurde mit Hilfe von funkbasierten Ortungssystemen zu einem eindrucksvollen Ergebnis umgesetzt. Während des Turniers hat es die Mannschaft geschafft, die Ballverarbeitungsdauer von anfänglichen 3,4 Sekunden auf 1,1 Sekunden zu verkürzen.<sup>6</sup>

Jedem deutschen Nationalspieler wurde mit „Match Insights“ eine Plattform geschaffen, mit der er sich individuell auf den Gegner beziehungsweise auf den direkten Gegenspieler vorbereiten konnte. Die Software konnte auf mobilen Geräten sowie Tablets jederzeit abgerufen und interaktiv von Spielern und Trainerstab genutzt werden.

Das mit dem Weltmeistertitel gekrönte Projekt sorgte für große Aufmerksamkeit im deutschen Profifußball und sollte schon bald in überarbeiteter Form in einigen Vereinen der ersten und zweiten Bundesliga eingeführt und etabliert werden. Schrittweise sollen Trainings- und Spielbetrieb der Bundesligaklubs digitalisiert und veraltete Methoden abgelöst werden. Leistungsdaten, Stärken und Schwächen, aber auch Gesundheitsdaten der Spieler sollen erfasst und für eine optimale Betreuung des Kaders genutzt werden.

Schneller, höher und weiter sind nicht mehr die einzige Maxime im Fußball. Der Sport ist zu einem dynamischen, komplexen und immer mehr strategischen Wett-

---

<sup>6</sup> Vgl. o.V. [2015], o. S. (indirektes Zitat)

bewerb geworden und hat sich somit zu einem immensen Geschäftszweig entwickelt. Vor allem im Fußball gibt es oft entscheidende Ereignisse, die weder mit dem Stand der Technik noch mit dem menschlichen Auge erkannt werden können. Die Gesamtsituation des Teamsports auf taktischer Ebene zu erkennen ist aufgrund der hohen Dynamik in den Bewegungen oft sehr schwer. Daher ist das Wissen über die Bewegung und Geschwindigkeit der Spieler und des Balls sehr wichtig. Die genaue Verfolgung (tracking) von Spielern und Ball mittels Positionsortungen soll daher wichtige Erkenntnisse bringen. Damit soll es gelingen, das Zusammenspiel von mehreren Mannschaftsteilen im Kontext der Spielsituationen zu verbessern und sich auf gegnerische Stärken und Schwächen einzustellen.

Die Möglichkeit, Leistungsdaten von Spielern zu erfassen und zu visualisieren, ist ein entscheidender Vorteil für Trainer, Spieler und Betreuerstab. Es lassen sich individuelle Profile der Fußballer erstellen, in denen verfolgt werden kann, wie sich die Leistung in einer bestimmten Zeit entwickelt hat und welche Auswirkung individuelle Trainingsmethoden haben.

Doch im Fußball kommt es nicht nur auf die individuelle Verbesserung von Spielern an. Das Team muss als Gefüge agieren können und Aufgaben müssen klar kommuniziert werden. Dafür muss der Trainerstab die passende Taktik finden, um die Mannschaft auf die kommende Begegnung richtig einzustellen. Auch hier setzen erneut die Vorteile von Big-Data-Analysen an, um gruppentaktische Fähigkeiten von Mannschaften zu optimieren.

Basierend auf einer Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer Institut für Integrierte Schaltung IIS soll im theoretischen Teil dieser Bachelorarbeit verständlich gemacht werden, welche Relevanz Big-Data-Analysen auf den deutschen Profifußball haben und inwiefern sich dahingehend der Fußball verändert hat. Der Fokus wird dabei zum einen auf die technischen Möglichkeiten der Datenerfassung gelegt und zum anderen darauf, welche Vorteile im Spiel- und Trainingsbetrieb des deutschen Profifußballs entstehen.

## **1.2 Fragestellung**

Die vorliegende Bachelorarbeit behandelt das Thema Big-Data-Analysen im deutschen Profifußball unter der Fragestellung: Wie verändert die Datenrevolution den deutschen Profifußball? Diese Frage richtet sich gezielt auf die Entwicklung des deutschen Profifußballs, die durch neue Sporttechnologien vorangetrieben wird. Ein wichtiger Bestandteil in dieser Arbeit wird die vom Fraunhofer Institut entwickelte Sporttechnologie „RedFIR“ sein.

## **1.3 Methode**

Die empirische Untersuchung dieser Bachelorarbeit beschäftigt sich mit dem Funkortungssystem „RedFIR“, das vom Fraunhofer Institut für Integrierte Schaltung (IIS) für die Sportindustrie entwickelt wurde. Anhand eines Testversuchs wird die Sporttechnologie „RedFIR“ exemplarisch auf ihre Anwendbarkeit für ein Praxisbeispiel in der Trainingsmethodik im Fußball geprüft. Das System wurde dazu in einem Trainingsparcour unter verschiedenen Einflussfaktoren getestet. Dabei analysierte der Autor dieser Arbeit unter Verwendung der vom IIS bereitgestellten automatisierten Auswertungen selbst die Versuchsergebnisse und interpretierte diese anschließend. Der detaillierte Aufbau der Untersuchung sowie Durchführung und Ergebnisse sind unter Kapitel 2.4 zu finden.

## 2 Theorie

### 2.1 Weshalb werden Big-Data-Analysen im deutschen Profifußball angewendet?

Technisch wird im Fußball so gut wie nichts mehr dem Zufall überlassen. Millionen von Daten werden bei nur einem Spiel erfasst und fließen in Echtzeitanalysen über Spiel, Spieler und Schiedsrichter. Big-Data-Analysen werden im Profifußball immer wichtiger, wenn es um die Aufstellung, die richtige Taktik und den Transfermarkt geht.

Im Fußball wird mit Positionsdaten und Vitaldaten gearbeitet, um Leistungsmerkmale von Mannschaften und einzelnen Spielern erkennen zu können. Um präzise Daten über Ball und Spieler erheben zu können, werden technische Hilfsmittel benötigt, damit in Echtzeit oder in Nachbetrachtungen wertvolle Erkenntnisse gewonnen werden können.

Heutzutage gibt es verschiedene Systeme, die es ermöglichen, Vitaldaten von Spielern sowie Positions- und Geschwindigkeitsdaten von Ball und Spieler zu messen. Kamerabasierte Systeme, GPS-basierte und Funkortungen sind bisher die gängigsten Methoden, um Leistungsdaten zu erfassen. In diesem Kapitel wird ein Überblick über den Markt der senderbasierten und kamerabasierten Technologien im Sportbereich gegeben. Der Fokus wird dabei auf den Nutzen und die Vorteile eines kamerabasierten Systems und senderbasiertem System gelegt und anhand von jeweils einem Unternehmen vorgestellt.

Senderbasierte Systeme lassen sich in diverse Kategorien aufteilen. Die wichtigsten Marktteilnehmer von senderbasierten Sporttechnologien nutzen Global Positioning System (GPS), Local Positioning System (LPS), Radio-Frequency Identification (RFID) und Bluetooth-Systeme. GPS bestimmt Positionen mit Hilfe von Navigationssatellitensystemen. LPS benutzen Transponder an Spielern und Ball, um diese zu orten. RFID identifiziert Personen und Spielgeräte über elektromagnetische Wellen, die durch Sender an eine Empfängerstruktur gesendet werden. Bluetooth-Systeme erfassen mit Hilfe von Funktechnik Informationen.



Um Daten zu übertragen, werden ein Empfangsgerät und ein Sendegerät benötigt.

Bei kamerabasierten Ortungssystemen sind mehrere hochauflösende Kameras notwendig, um die komplette Spielfläche zu erfassen. Ein Bildverarbeitungsprogramm erfasst von jedem Spieler beispielsweise bis zu 25 Mal pro Sekunde die X/Y-Koordinaten. Daraus lassen sich die Positionen auf einem zweidimensionalen Feld errechnen. Werte wie Laufleistung und Geschwindigkeit lassen sich anhand dieser Positionsdaten ableiten.<sup>7</sup>

Um zunächst die Möglichkeiten und Grenzen kamerabasierter Systeme darzustellen, wird im Folgenden näher auf das System der deltatre AG eingegangen. Die deltatre AG entstand aus der 2014 übernommenen IMPIRE AG und ist einer der größten unabhängigen Mediendienstleister Deutschlands. Das Unternehmen ist seit 2011 Partner der DFL (Deutschen Fußball Liga) und stellt allen 36 Vereinen der ersten und zweiten Bundesliga eine Datenplattform mit relevanten Leistungsdaten zur Verfügung.<sup>8</sup> Die DFL hat die Standardisierung der Datennutzung veranlasst, um Wettbewerbsvorteilen in der ersten und zweiten Bundesliga vorzubeugen. In anderen Ligen werden vergleichsweise auch Daten erhoben, diese werden allerdings von Datenanbietern übernommen und weiterverkauft. Somit sind andere Ligen auf einem nicht einheitlichen Standard.<sup>9</sup>

Das kamerabasierte System der deltatre AG nennt sich „VIS.Track live“. Zwei hochauflösende Kameras sind in der Lage, Positions- und Performancedaten zu erfassen und zu verarbeiten. Das System kann flexibel genutzt und somit im Stadion oder auf dem Trainingsgelände eingesetzt werden. „VIS.Track live“ arbeitet mit einer eigenen Analysesoftware und kann aus Ereignissen automatisiert Statistiken in Echtzeit erstellen. Das können unter anderem Ballbesitz, zurückgelegte Strecken und Passpräzision sein. Parallel zum Spielgeschehen können

---

<sup>7</sup> Ahr [2015], o. S. (indirektes Zitat)

<sup>8</sup> Vgl. Impire AG [o. J.], o. S. (indirektes Zitat)

<sup>9</sup> Vgl. Herrmann [2015], o. S. (indirektes Zitat)

2-D (zweidimensionale) und 3-D (dreidimensionale) Animationen und Grafiken erstellt werden, die bereits schon zur Taktikanalyse in der Halbzeit verwendet werden können. Die Analysesoftware hat zusätzlich die Funktion, neben grafischen Elementen individuelle Quellen zu benutzen. Das könnten Spielausschnitte sein, die unterstützend zu Grafiken das taktische Vorhaben des Trainers verdeutlichen (Abb. 1).<sup>10</sup>



Abbildung 1 Analysesoftware VIS. Track

Neben der grafischen Aufbereitung von Leistungs- und Positionsdaten bietet die deltatre AG noch die Möglichkeit der eigenen Videoanalyse. Dieses System trägt den Namen „VT.PanoramicView“. Mit Hilfe von zwei oder mehreren Spezialkameras entstehen Analysevideos in HD-Qualität, in denen jede einzelne Aktion jedes Spielers erfasst und bewertet werden kann (Abb. 2).

---

<sup>10</sup> Vgl. Impire AG [o. J.], o. S. (indirektes Zitat)

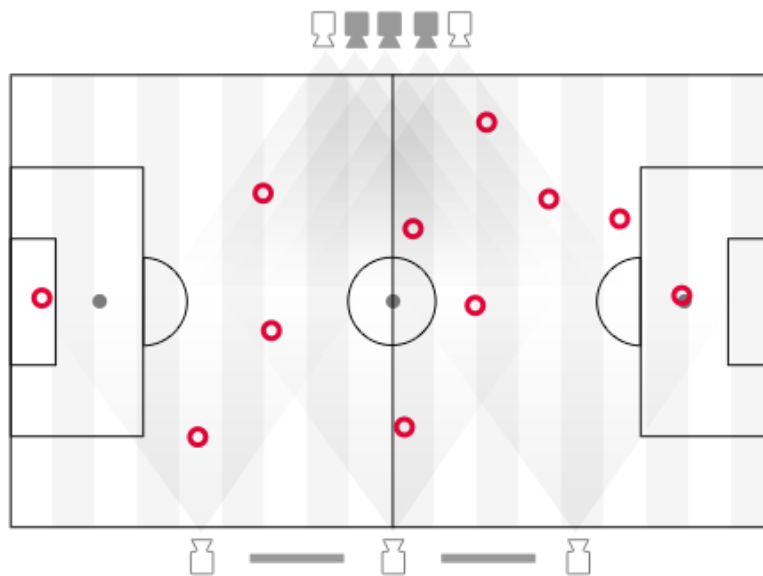


Abbildung 2 Positionierung der VIS. Track live Kameras im Stadion

Das System „VT.PanoramicView“ ist eine Erweiterung zum „VIS.Track live“ Trackingsystem und nutzt das aufgezeichnete Videomaterial als Grundlage für Analysezwecke. Das bedeutet beispielsweise, dass Aktionen von Spielern oder taktischen Spielzügen auf dem Bildmaterial grafisch hervorgehoben werden können und mit Leistungsdaten vom „VIS.Track live“ System ergänzt werden können.<sup>11</sup> Bei kamerabasierten Systemen besteht allerdings der Nachteil, dass Wetterwechsel und Beleuchtungsbedingungen die Präzision der Datenerhebung beeinträchtigen könnten. Dies könnte zu unbrauchbaren Analysen führen.<sup>12</sup>

Das folgende System arbeitet mit einem GPS (Global Positioning System) und wird vom Unternehmen GPSports vertrieben.

Das im Jahr 2000 gegründete Unternehmen arbeitet an der Forschung und Entwicklung von Analysesystemen in Mannschaftssportarten. Anders als das kamerabasierte System der deltatre AG, beschäftigt sich das GPS-basierte System von GPSports mit den Auswirkungen von Belastungen. Das bedeutet, dass der

<sup>11</sup> Vgl. Impire AG [o. J.], o. S. (indirektes Zitat)

<sup>12</sup> Vgl. Seidl/Völker/Witt/Poimann/Czyz/Franke/Lochmann [2016], S. 218 (indirektes Zitat)

Energieaufwand von diversen Aktivitäten analysiert werden kann, um Trainingsmethoden auf Mannschaften oder vereinzelt Spieler anzupassen.<sup>13</sup> Gemessen werden können beispielsweise die Belastungsintensitäten von unterschiedlichen Sprintgeschwindigkeiten in Bezug auf die zurückgelegte Entfernungen. Anhand dieser Erkenntnisse können Leistungsprofile mit allen notwendigen Leistungsdaten erstellt werden. Das hat den Vorteil, dass aktuelle Leistungsdaten mit älteren Leistungsdaten verglichen werden können. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse können dem Trainer einen objektiven Leistungsstand seiner Spieler geben und ihn in seinem Urteilsvermögen unterstützen. Zusätzlich können Trainingseinheiten nach Intensität kategorisiert werden, um unter perfekten Bedingungen zu trainieren. Das könnte beispielsweise den Vorteil haben, verletzungspräventiv zu arbeiten.<sup>14</sup>

Das Analysesystem von GPSports arbeitet mit drei unterschiedlichen Indikatoren, um Leistungsanalysen zu erstellen. Indikator eins erfasst die gesamtkörperlichen Leistungen von Spielern. Dies umfasst Laufleistungen, körperliche Verfassung und Herzraten. Der zweite Indikator erfasst die höchste Intensitätsstufe, die ein Spieler bei unterschiedlichen körperlichen Belastungen erreichen kann. Das sind unter anderem maximale Geschwindigkeiten, Beschleunigungen und Herzraten von Spielern. Der Indikator drei erfasst, welche Intensitätsstufen Spieler bei unterschiedlichen Belastungen durchlaufen. Zusätzlich werden die Werte der Spieler mit der Veränderung der Herzraten (Herzfrequenzvariabilität) verglichen. In der Praxis angewendet, könnte das die Beobachtung der Herzratenveränderung bei unterschiedlichen Belastungen in einer bestimmten Zeit sein.

Da die Leistungsdaten in Echtzeit aufbereitet werden, ergibt sich der Vorteil, dass Trainer die Belastungsintensität von Trainingseinheiten überwachen können, um notfalls im richtigen Moment einzugreifen. Diese Erkenntnis kann für die Rehabilitation eines Spielers sehr wichtig sein.<sup>15</sup>

---

<sup>13</sup> Vgl. GPSports [o. J.], o. S. (indirektes Zitat)

<sup>14</sup> Vgl. GPSports [o. J.], o. S. (indirektes Zitat)

<sup>15</sup> Vgl. GPSports [o. J.], o. S. (indirektes Zitat)

---

Das letzte relevante System für Leistungserfassungen im deutschen Profifußball arbeitet mit einer funkbasierten Ortung. In Kapitel 2.1.2 werden das System und die Arbeitsweise des vom Fraunhofer Institut IIS entwickelten Funkortungssystems „RedFIR“ erklärt. Nachfolgend in Kapitel 2.2 werden die Anwendungsbereiche für den deutschen Profifußball des RedFIR-Systems vorgestellt.

### **2.1.1 Wird dem Fußball durch die zunehmende Datennutzung die Seele geraubt?**

Bevor jegliche technischen Einflüsse im Fußball zum Einsatz kamen, war das Auge mit seiner Wahrnehmung das wichtigste Medium, um Abläufe und Taktiken im Fußball zu verstehen. Zur Weltmeisterschaft 1990 wurde erstmals Gebrauch von Strichlisten gemacht, um den prozentualen Ballbesitz auszuwerten. Es wurden ein gutes Auge und schnelle Stiftführung benötigt, um Statistiken aufzustellen und Spieler klassifizieren zu können. Mit jeder technischen Neuerung, der Einführung des Radios, des Fernsehens, der Digitalisierung, den Möglichkeiten der Aufzeichnung und Wiedergabe, wurde die Wahrnehmung des Auges erweitert.<sup>16</sup>

Musste früher der Trainerstab noch alle verfügbaren Videoaufzeichnungen nach relevanten Spielszenen durchsuchen, werden heute hingegen Datenspezialisten und Spielanalysten eingesetzt, die den Trainerteams entsprechende Auswertungen anhand von Datenerhebungen und Spielaufzeichnungen bereitstellen. Das folgende Kapitel erklärt, in welcher Art und Weise sich der deutsche Profifußball unter dem Einfluss von Big-Data-Analysen verändert und welche Grenzen der Sporttechnologie gesetzt sind.

Inzwischen wird jedes Spiel der Bundesliga von hochauflösenden Kameras aufgezeichnet. Das Tracking ermöglicht es, die Bewegungsdaten von Spielern zu erfassen und für spätere Statistiken nutzbar darzustellen.

Mario Götze wurde im WM-Finale 2014 in der 88. Minute eingewechselt. In 32 Minuten Spielzeit legte er 5500 Meter zurück und machte dabei Sprints in einer Geschwindigkeit von 28 Stundenkilometern. Er verlor drei seiner fünf Zweikämpfe und spielte 15 Kurzpässe. Götze schoss ganze zwei Mal auf das Tor, wovon ein Schuss Deutschland den WM-Titel sicherte.<sup>17</sup>

---

<sup>16</sup> Vgl. Braun/Seemann [2015], S. 1. (indirektes Zitat)

<sup>17</sup> Vgl. Grüling [2016], o. S. (indirektes Zitat)

Anhand solcher Erkenntnisse werden Leistungsprofile (Abb. 3) von Spielern erstellt, um Fähigkeiten statistisch zu veranschaulichen.

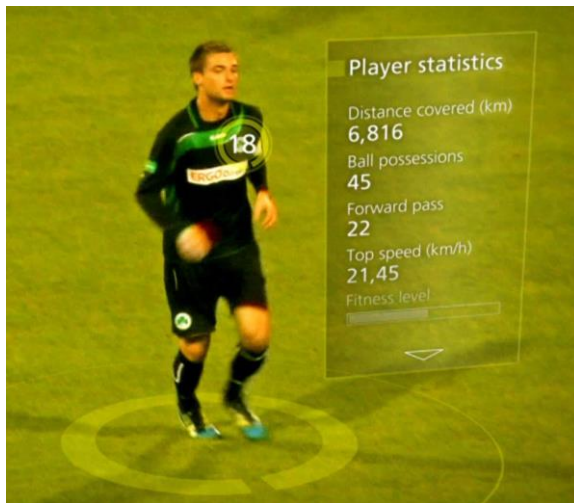


Abbildung 3 Spielerstatistik (bereitgestellt durch Fraunhofer IIS)

Dabei interessieren nicht nur die vergangenen Erfolge oder Laufleistungen. Richtig interpretiert können Leistungsprofile auf die Trainingsmethodik angewendet werden, um die Entwicklung einer Mannschaft oder eines einzelnen Spielers positiv zu beeinflussen. Ein wichtiges Merkmal für Trainer ist dabei auch herauszufinden, wie hoch die Leistungsfähigkeit von Spielern ist.

Was bis zu den Neunzigern noch per Bauchgefühl und Erfahrung von Trainern und Spieler-Scouts beurteilt wurde, wird heute anhand statistischer Auswertungen den Trainern zur Verfügung gestellt. Aber können Datenanalysen den Sachverstand und das Bauchgefühl von Trainern ersetzen?

Daten und ihre Verarbeitung sind Teil des Fußballs geworden und haben ihn in Spiel und Entwicklung maßgeblich beeinflusst. Experten sind sich einig, dass Datenanalysen ein wertvolles Instrument sind, um die subjektive Einschätzung eines Trainers zu untermauern und Zusammenhänge entdecken zu lassen.<sup>18</sup>

---

<sup>18</sup> Vgl. Erwin, T. [2014], S. 3 (indirektes Zitat)

---

Daten allerdings blind zu vertrauen und als alleinigen Maßstab für die Leistung zu nutzen, gilt dennoch grundsätzlich als unmoralisch und riskant. Da schon kleinste Fehler in der Datenauswertung eine Analyse unbrauchbar machen, wird die Erfahrung und der Sachverstand eines Trainers immer notwendig sein.



### 2.1.2 Sporttechnologie RedFIR im Einsatz

Der folgende Abschnitt der Bachelorarbeit beschäftigt sich mit der vom Fraunhofer Institut entwickelten Sporttechnologie „RedFIR“ und dessen Anwendungsfeldern.

Das funkbasierte Ortungssystem „RedFIR“ ist ein Echtzeit-Analyse-Tool und arbeitet mit leistungsstarken Miniatursendern sowie einer Empfangsinfrastruktur. Die Sender, welche sich im Ball und an der Kleidung der Spieler befinden, ermöglichen es, Positionsdaten und davon abgeleitet Geschwindigkeits- und Beschleunigungsdaten von Spieler und Ball zu messen (Abb. 4). Die Position und das Verhalten des Balls in Abhängigkeit zum Spieler stehen dabei im Fokus und sind für Performance-Analysen von großer Bedeutung. Zusätzlich können auch Trainingsmaterialien wie Hütchen, Stangen oder Dummies mit der RedFIR-Technologie ausgestattet werden, um diese bei Analysen sichtbar mit einzubeziehen.<sup>19</sup>

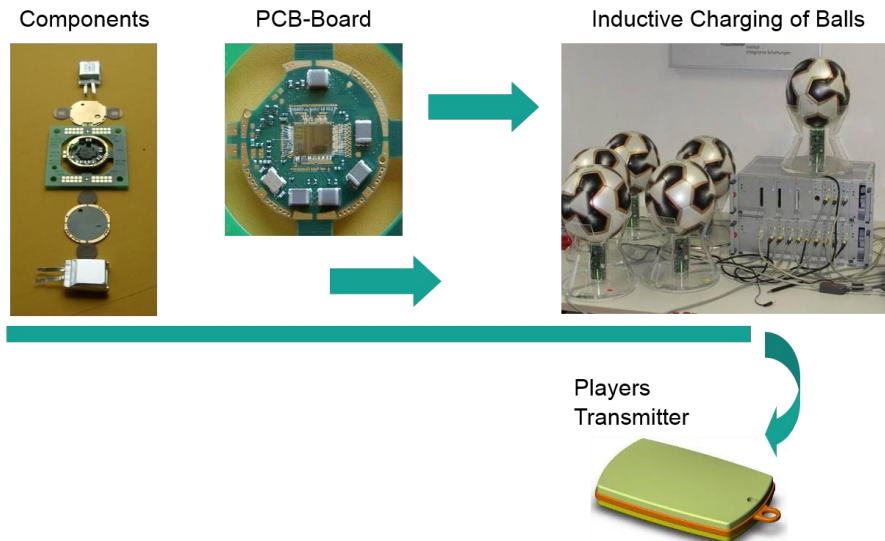


Abbildung 4 Komponenten eines RedFIR-Senders (Siehe # 19)

<sup>19</sup> Vgl. Von der Grün/Franke/Wolf/Witt/Eidloth [2011], S. 204 f. (indirektes Zitat)

Je nach gewünschter Analyse wird mindestens ein Sender an der Kleidung der Spieler benötigt sowie ein Ball, der mit einem Sender im Kern ausgestattet ist. Dadurch lassen sich unter anderem Werte wie Geschwindigkeiten und Position des Balles erfassen. Ein Sender im Rumpfbereich des Trikots und jeweils einer am Sprunggelenk des rechten sowie des linken Fußes sind in der Lage, bis zu 200 Signalimpulse pro Sekunde an die dazugehörigen Antennen zu senden. Der Chip im Ball sendet bis zu 2000 Signale. Das Ortungsprinzip des RedFIR-Systems beruht auf der Bestimmung der Ankunftszeit der Signale zu den Antennen. Diesen Wert nennt man Time of Arrival (ToA). Die ToA-Werte sind die Basis für die Positionsdaten (X-Y-Z-Koordinaten) von Ball und Spieler. Diese lassen sich aus der Differenz der ToA-Werte ermitteln. Diesen Wert nennt man Time Difference of Arrival (TDoA). Um die Messfläche kalibrieren zu können, werden sogenannte Referenzsender an vorgegebenen Positionen installiert.<sup>20</sup>

Ein komplettes System besteht aus 12 Antennen, die Signale von bis zu 144 Sendern empfangen können. Das Leistungsspektrum liegt ungefähr bei 50.000 aufgenommenen Signalen in einer Sekunde. Dadurch erreicht das System Ereignisverarbeitungen im Zentimeterbereich und kann während Trainingseinheiten und Spielen Daten in Echtzeit verarbeiten.<sup>21</sup>

Die folgende Grafik gibt einen exemplarischen Überblick darüber, wie das System auf einem Trainingsgelände oder in einem Stadion installiert wird (Abb. 5).

---

<sup>20</sup> Vgl. Seidl/Völker/Witt/Poimann/Czyz/Franke/Lochmann [2016], S. 219 (indirektes Zitat)

<sup>21</sup> Vgl. Von der Grün/Franke/Wolf/Witt/Eidloth [2011], S. 201 (indirektes Zitat)

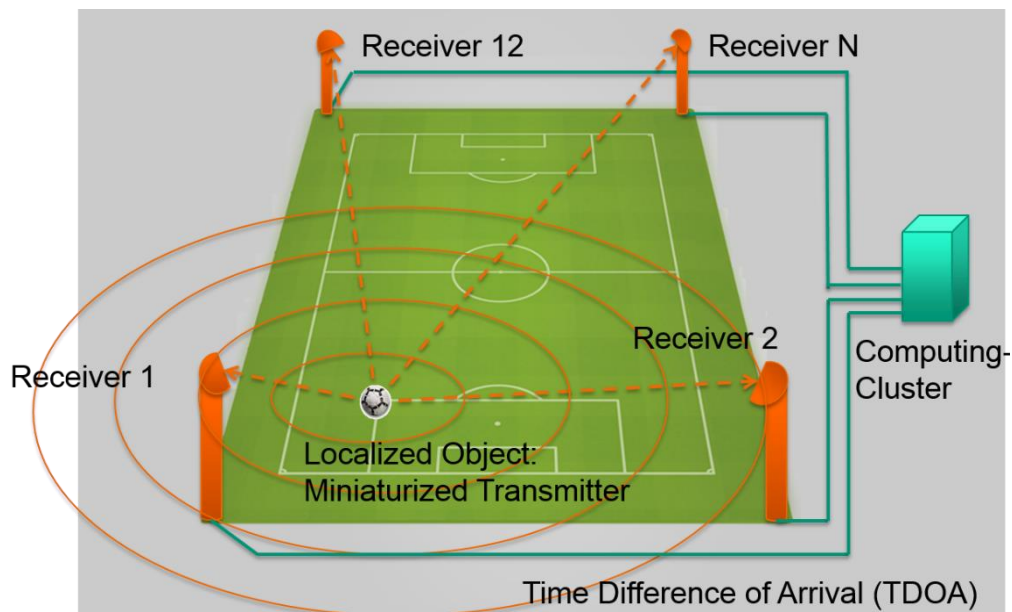


Abbildung 5 Beispielgrafik für die Systemstruktur des RedFIR-Systems (bereitgestellt durch Fraunhofer IIS)

Um die Ereignisdaten für Spieler, Trainer und Medien sinnvoll und verständlich aufzubereiten, arbeitet das RedFIR-System mit einer Systematik, die Ereignisse in Prozesse untergliedert. Diese Systematik nennt sich „Complex Event Processing“ (CEP). Das CEP ermöglicht es, vereinzelte Daten zu einem Datenpaket zu schnüren und als ein bestimmtes Ereignis zu definieren. Der entscheidende Vorteil besteht darin, dass Programmierkenntnisse nicht zwingend notwendig sind, um Ereignisse zu identifizieren und zu deuten. Das erleichtert die Arbeit für Sportanalysten enorm.

Das System ist hierarchisch aufgebaut und ist in der Lage, verschiedene Ereignisstrukturen zu erkennen. Die niedrigste Ebene (Position Based Event (PBE)) beschäftigt sich mit der Positionsartung. Das könnte beispielsweise die Beschleunigungsveränderung des Balles sein. Erkenntnisse auf dieser Ebene werden als Basis für die nächsthöheren Ebenen benötigt. Die Ebene PEBE (Position and Event Based Event) beschreibt unter anderem, ob die Entfernung vom Ball zum Spieler gering oder groß ist. Dies kann als Grundlage für die Erkennung eines Ballbesitzes dienen. Die höchste Ebene (Event Based Event (EBE)) beschreibt, ob der Ball beim Mitspieler angekommen und kontrolliert worden ist.

Anhand dieser Ereigniserkennung lässt sich beispielsweise die Ballverarbeitungsdauer herausfinden.<sup>22</sup>

Die folgende Grafik (Abb. 6) stellt dar, wie die hierarchische Prozesserkennung des RedFIR-Systems aussieht.

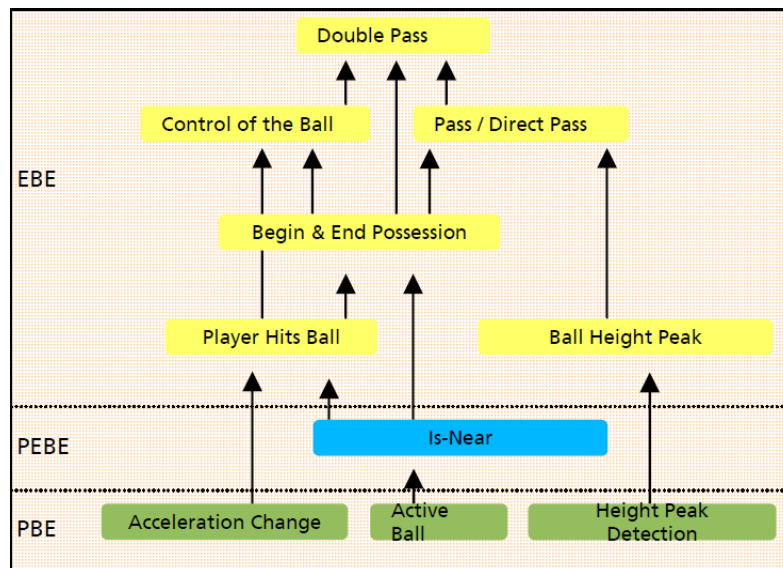


Abbildung 6 Grafische Darstellung des CEP (Siehe # 22)

<sup>22</sup> Vgl. Von der Grün/Franke/Wolf/Witt/Eidloth [2011], S. 208 (indirektes Zitat)

## **2.2 In welchen Bereichen des Profifußballs werden Big-Data-Analysen genutzt?**

Die Anwendungsbereiche von Big-Data-Analysen lassen sich in verschiedene Bereiche untergliedern. Taktische Analysen, medizinische Analysen, Scouting-Analysen und vertriebliche Analysen sind für Fußballvereine, die Big-Data-Analysen nutzen, am relevantesten. Dieses Kapitel beschäftigt sich mit Anwendungsbeispielen und technischen Grundlagen in taktischen und medizinischen Bereichen sowie in Scouting-Bereich von Big-Data-Analysen im deutschen Profifußball.

### **2.2.1 RedFIR Performance-Analysen**

Performance Analysen bieten für Trainerstab und Spieler wichtige Erkenntnisse um taktische, technische und physische Fertigkeiten von Mannschaften und einzelnen Spielern zu verbessern. Das RedFIR-System wurde entwickelt, um hochpräzise Daten über Ball und Spieler zu erfassen und für tiefgreifende Analysen bereitzustellen. Diese Analysen können wichtige Zusammenhänge in unterschiedlichen Spielsituationen aufzeigen, um ein abgestimmtes Training zu erstellen.

Performance-Analysen des RedFIR-Systems lassen sich in drei verschiedene Kategorien aufteilen. Qualitative Taktische Analysen, Technische Analysen und Physische Analysen.

#### **Qualitative Taktische Analysen**

Bei den „Qualitativen Taktischen Analysen“ wird das Hauptaugenmerk auf mannschaftstaktische, gruppentaktische und individualtaktische Analysen gelegt. Die wichtigen Erkenntnisse beruhen dabei mehr und mehr darauf, Verhaltensmuster von Mannschaften zu analysieren. Das RedFIR-System kann hier unterschiedliche Ereignisse erfassen, die zu Performancesteigerungen wichtige Erkenntnisse liefern. Für diese Art von Analyse sind mehrere Sender am Körper pro Spieler und ein Sender im Ball notwendig.

In „Mannschaftstaktischen Analysen“ kann beispielsweise ermittelt werden, wie eine Mannschaft bei einer Seitenverlagerung agiert und wie kompakt (Abb. 7) sie dabei auftritt. Zusätzlich können weitaus komplexere Situationen erfasst und visualisiert werden. Das könnte die Spielausdehnung nach einem Ballgewinn sein und die Zeit, die vergeht bis ein Torabschluss erfolgte.

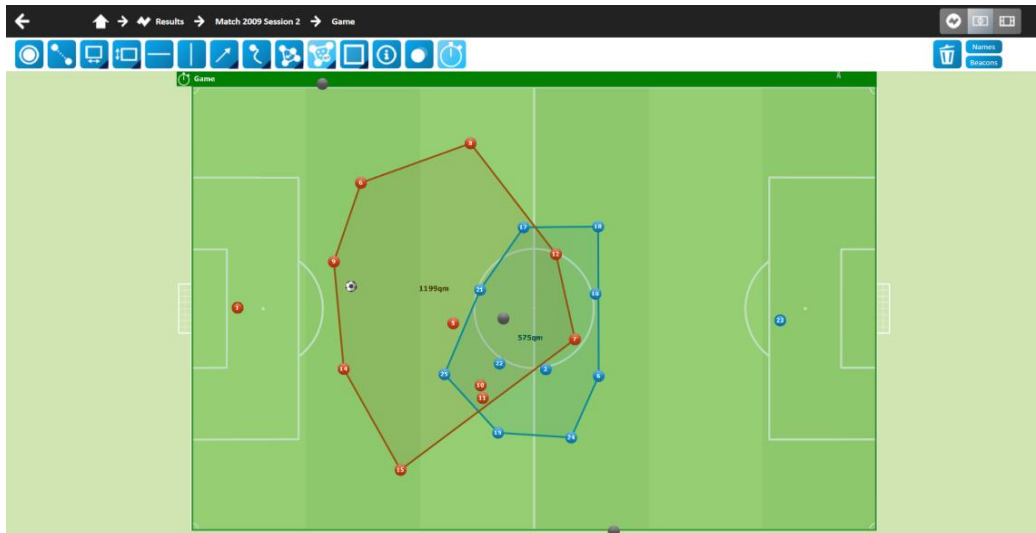


Abbildung 7 Darstellung eines Flächenvergleichs zweier Mannschaften (bereitgestellt durch Fraunhofer IIS)

In „Gruppentaktischen Analysen“ liegt der Mehrwert darin, zu erkennen, wie sich Mannschaftsteile im Kontext zur bestimmten Spielsituation verhalten. Hier spielt beispielsweise der Abstand der defensiven Viererkette (Abb. 8) eine wichtige Rolle.

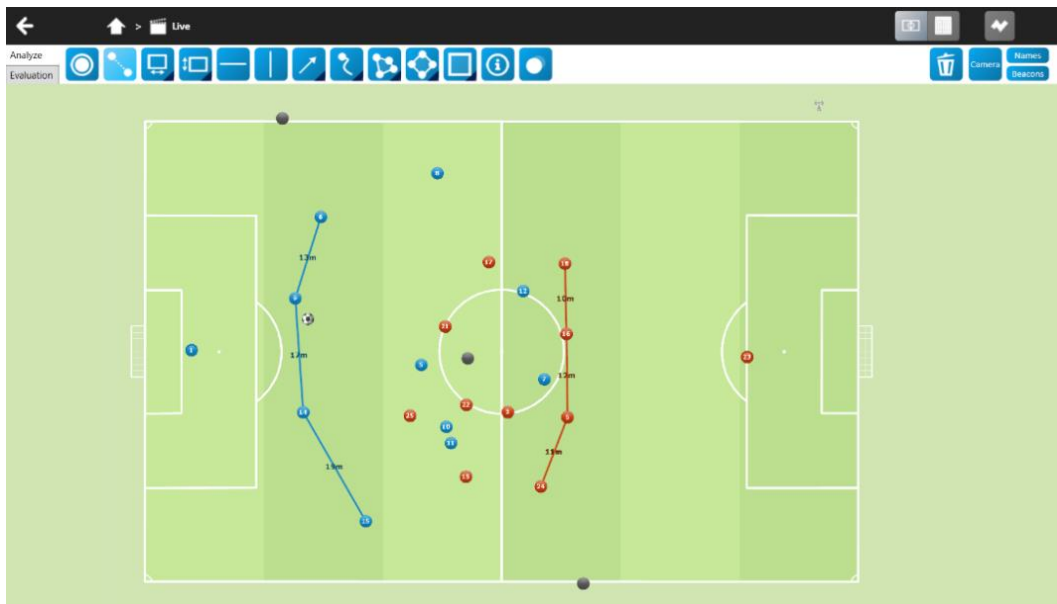


Abbildung 8 Darstellung der Abstände innerhalb zweier Viererketten (bereitgestellt durch Fraunhofer IIS)

„Individualtaktische Analysen“ beschäftigen sich mit dem Spielverhalten von einzelnen Spielern in der Defensive, im Mittelfeld sowie in der Offensive. Das könnte die Visualisierung von Laufwegen (Abb. 9) oder der Abstand von Spielern zu ihren Gegenspielern sein.

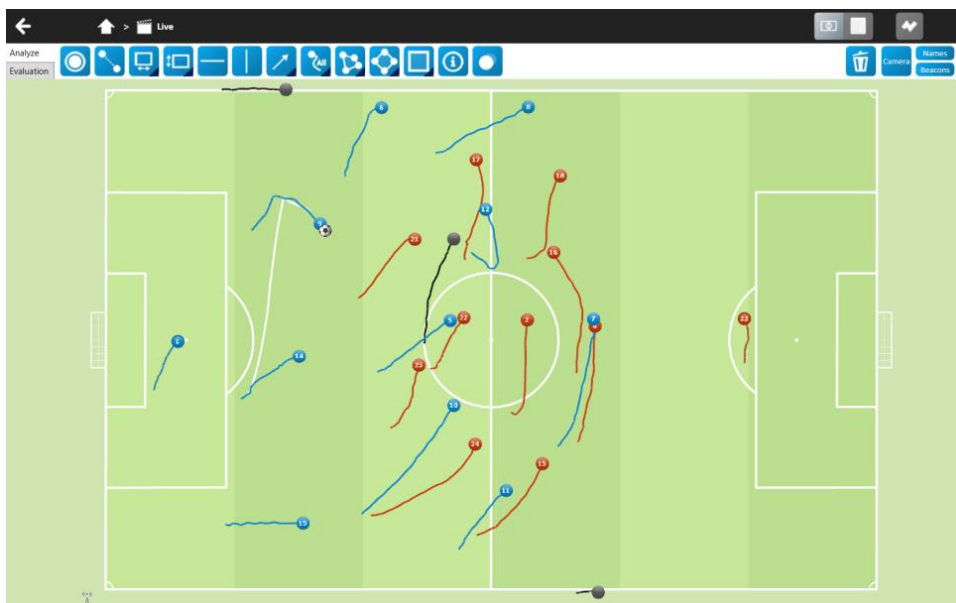


Abbildung 9 Darstellung der Laufwege (bereitgestellt durch Fraunhofer IIS)

## Technische Analyse

Bei der technischen Analyse werden jegliche Spieleraktionen mit dem Ball analysiert und ausgewertet. Um diese Ereignisse zu messen, sind wie bei „Mannschaftstaktischen Analysen“ mehrere Sender am Körper des Spielers und ein Sender im Ball notwendig. Ballkontakte, Zeitdauer des Ballbesitzes (Abb. 10), angekommene Pässe, Torschüsse und weitere Ereignisdaten können bei der „Technischen Analyse“ statistisch aufgezeigt werden.

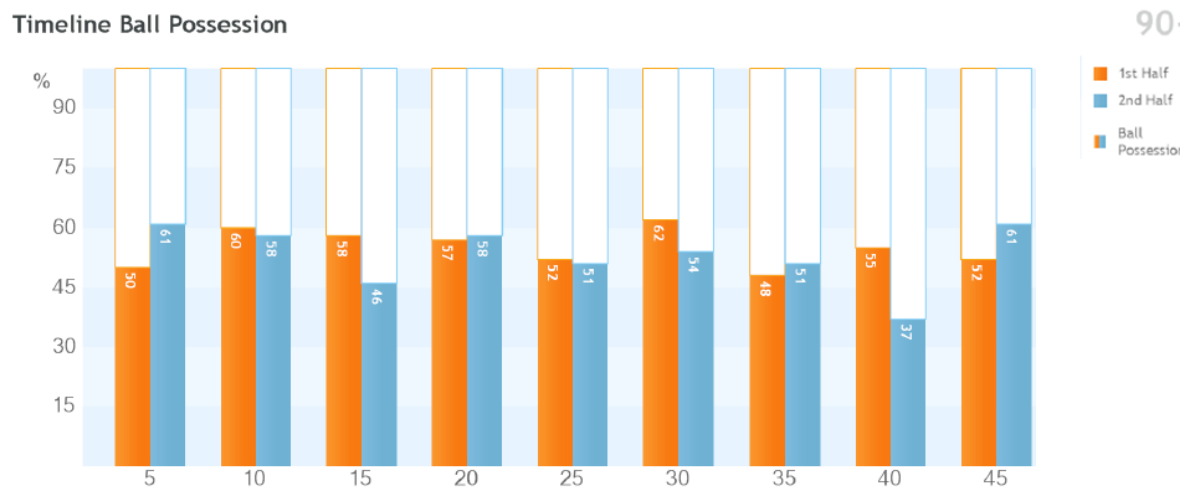


Abbildung 10 Statistik des Ballbesitzes (bereitgestellt durch Fraunhofer IIS)



## Physische Analyse

Tiefgehende Bewegungsanalysen sind notwendig, um Zusammenhänge in verschiedenen Spielsituationen erkennen zu können. Die „Physische Analyse“ erfasst die Intensität von diversen Bewegungen. Das können beispielsweise die Anzahl der Sprints, Sprintintensität (Abb. 11), Sprintlänge oder die Maximalgeschwindigkeiten von Sprints sein.

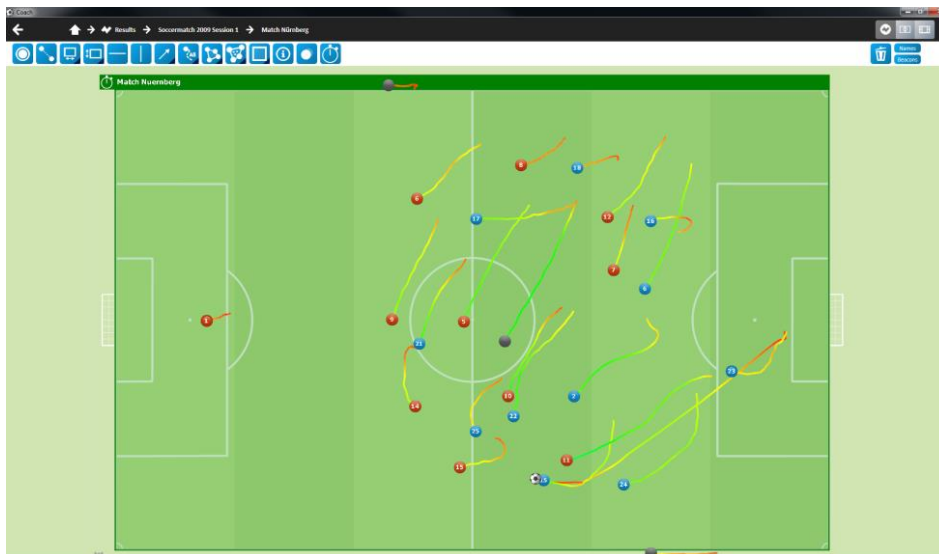


Abbildung 11 Darstellung der Sprintintensitäten (bereitgestellt durch Fraunhofer IIS)

## 2.2.2 Medizinischer Bereich

Die Identifizierung von physiologischen Belastungen im Fußball sind wichtige Informationen, um die Ausbildung und die Regeneration von Spielern zu verbessern. Der folgende Abschnitt informiert darüber, welche Möglichkeiten durch Big-Data-Analysen für den medizinischen Bereich im Profifußball entstehen und welche Vorteile dadurch erzielt werden können. Der Fokus wird dabei auf die Erfassung der Herzfrequenz bei Trainingseinheiten und Spielen gelegt.

### Herzfrequenzmessungen im Profifußball

Mit fast 200 Millionen Spielanalysen, in denen statistisch erfasst wurde, wie viele Sprünge, Zweikämpfe, Richtungsänderungen, Rückwärtsläufe und Sprints absolviert wurden, ist das Interesse groß, herauszufinden, wie sich körperliche Belastungen auf die Leistungsfähigkeit auswirken. Bis heute wird die Überwachung der Herzrate (HR) standardgemäß nur in Profiligen angewendet, um Intensitäten im Trainingsbetrieb oder in Spielen überwachen zu können. Dabei sind die körperlichen Belastungen je nach Position unterschiedlich. Die Entwicklung eines Profifußballers erfordert deshalb spezifische körperliche Fähigkeiten, um sich von anderen Spielern abheben zu können. Ein Abwehrspieler muss beispielsweise andere Leistungsmerkmale oder physiologische Anforderungen besitzen als ein Stürmer. Das liegt daran, dass Abwehrspieler anderen körperlichen Anstrengungen ausgesetzt sind als Stürmer. Um also positionsspezifische Fähigkeiten zu verbessern, muss auch positionsspezifisch trainiert werden.<sup>23</sup>

In diesem Zusammenhang werden Analysen gefahren, um die physiologischen Anforderungen während eines Spiels zu simulieren. Dafür werden Auswertungen von Trainingseinheiten mit den Ergebnissen von Testspielen verglichen. Durch diesen Vergleich kann dargestellt werden, wie sich die Belastungen voneinander

---

<sup>23</sup> Vgl. Dellal/Da Silva/Hill-Haas/Wong/Natali/De Lima/Filho/Marins/Garcia/Karim [2012], S. 2890 (indirektes Zitat)

unterscheiden. Anhand dieser Erkenntnisse können Trainingseinheiten unter realistischen Anforderungen gestaltet werden.<sup>24</sup>

Seit dem Ende der 1960er Jahre werden HR-Messungen zur Untersuchung von physiologischen Belastungen im Fußball angewendet. Die Messungen wurden traditionell durch ein Elektrokardiogramm (EKG) durchgeführt. Da die Elektroden an der Haut durch Sprünge und Körperkontakt sowie durch die Schweißproduktion die Messungen beeinträchtigten, waren die Ergebnisse größtenteils nicht zielführend. In den frühen 1980er Jahren wurde diese Technik überholt. Die Herzfrequenz wurde mit Hilfe von einem Brustgurt an einen Empfänger gesendet. Diese Technik konnte nun sogar in Testspielen zuverlässig verwendet werden. Wissenschaftliche Auswertungen hatten demnach eine wesentlich höhere Gültigkeit. Der einzige Nachteil an dieser Technologie bestand darin, dass elektromagnetische Wellen sich untereinander störten (Interferenz). Das bedeutete, dass mehrere Messungen von Spielern auf engem Raum nicht funktionierten. Folglich konnten Daten nicht im Kollektiv gemessen werden. Ab den 1990er wurde ein System implementiert, das basierend auf einem Mikrocomputer die erfassten Herzfrequenzen an eine speziell entwickelte Datenanalysesoftware übertrug. Dies erlaubte die gleichzeitige Herzfrequenzüberwachung aller Spieler. Die Daten konnten allerdings erst in einer Nachbetrachtung analysiert und aufbereitet werden. Folglich wurde das System weiterentwickelt und ermöglichte die HR-Überwachung in Echtzeit. Dieser Schritt erlaubte es, neue Zusammenhänge von körperlichen Belastungen objektiv in Erfahrung zu bringen. Beispielsweise konnte erfasst werden, bei welchen Spielsituationen die maximale Herzrate erreicht wurde. Das war im vorherigen System nur durch Vermutungen möglich.<sup>25</sup>

Grundlegend wird dieses Prinzip bis heute im Profifußball angewendet. Zwei der anerkanntesten Unternehmen für Vitaldatenmessungen im Fußball sind „Polar“

---

<sup>24</sup> Vgl. Dellal/Da Silva/Hill-Haas/Wong/Natali/De Lima/Filho/Marins/Garcia/Karim [2012], S. 2891 (indirektes Zitat)

<sup>25</sup> Vgl. Dellal/Da Silva/Hill-Haas/Wong/Natali/De Lima/Filho/Marins/Garcia/Karim [2012], S. 2892- 2893 (indirektes Zitat)

und „GPSports“. Beide Unternehmen arbeiten mit Bluetooth-basierten Systemen, um die Daten von einem Sender zu einem Empfänger zu transportieren. Die Herzfrequenzmessungen werden mit Elektroden, die mit der Haut in Berührung sind, durchgeführt. Obwohl die Verwendung dieser Systeme sowie der Nutzen wertvolle Antworten für den Profifußball liefern, gibt es einige Faktoren, die bei Analysen zu berücksichtigen sind. Das können individuelle Unterschiede bei den Herzfrequenzen, äußere Temperaturen, die Luftfeuchtigkeit, der Luftwiderstand und Medikamente sein. Zudem kommen die Platzbedingungen ins Spiel. Die Belastungsintensität auf einem Kunstrasen unterscheidet sich nämlich zum Naturrasen. Das bedeutet für die Analyse der Herzfrequenzmessungen, dass diese Faktoren berücksichtigt werden müssen, um präzise Ergebnisse zu erzielen. Messungen unter gleichen Verhältnissen werden daher von ihrer wissenschaftlichen Gültigkeit als geeigneter gesehen.<sup>26</sup>

---

<sup>26</sup> Vgl. Dellal/Da Silva/Hill-Haas/Wong/Natali/De Lima/Filho/Marins/Garcia/Karim [2012], S. 2902 (indirektes Zitat)

### **Sonstige medizinisch-relevante Werte im Profifußball**

Nicht nur Herzfrequenzmessungen spielen im Profifußball eine bedeutsame Rolle. In den nachfolgenden Absätzen dieses Kapitels wird kurz erklärt, welche Methoden heutzutage bedeutend sind, um Leistungsmerkmale von Profifußballern erfassen und analysieren zu können.

In den heutigen medizinischen Untersuchungen werden Profifußballer sehr genau unter die Lupe genommen: Wie sind die Temperaturen von vereinzelt Muskelgruppen, wie hoch sind die Laktatwerte im Blut und wann ist die Erschöpfung des Glykogenspeichers erreicht. Diese Werte sind für Sportmediziner relevant, um Leistungsmerkmale von Profifußballern ermitteln zu können.<sup>27</sup>

Die richtige Temperatur der Muskeln ist wichtig, damit die laufenden Stoffwechselvorgänge im Körper optimal ablaufen. Durch die optimale Temperatur der Muskeln wird unter anderem die Durchblutung der Muskulatur und somit die Sauerstoffaufnahme und der Transport verbessert.<sup>28</sup>

Laktat ist ein Endprodukt des Stoffwechsels und ein Indikator dafür, wie hoch die Ausdauerfähigkeit eines Sportlers ist. Ist beispielsweise der Laktatwert im Blut nach einem Wettkampf vergleichbar hoch, sagt das aus, dass die Ausdauerleistungsfähigkeit abgenommen hat. Die Voraussetzung dafür muss sein, dass die Belastungsintensität im vorhergehenden Wettkampf gleich groß war. Anhand dieser Erkenntnis lässt sich also die Verbesserung der Ausdauerfähigkeit objektiv darstellen.<sup>29</sup>

---

<sup>27</sup> Vgl. Dellal/Da Silva/Hill-Haas/Wong/Natali/De Lima/Filho/Marins/Garcia/Karim [2012], S. 2891 (indirektes Zitat)

<sup>28</sup> Vgl. Pohl [2009], o. S. (indirektes Zitat)

<sup>29</sup> Vgl. Institut für Sportdiagnostik [2009], o. S. (indirektes Zitat)

Der Wert des Glykogenspeichers sagt aus, wie hoch die Energiebereitstellung der Muskulatur ist. Da ein voller Glykogenspeicher für eine langfristige körperliche Leistung wichtig ist, versuchen Profisportler ihren Speicher möglichst komplett aufzufüllen, bevor der Wettkampf beginnt.<sup>30</sup>

Diese Messungen werden mit Hilfe von portablen Analysatoren ausgewertet. Die Analysatoren im Spielbetrieb sind nicht zugelassen, da die Vorrichtung die Bewegung eines Spielers einschränken könnte. Deshalb wird dieses Verfahren nur in Trainingssituationen angewendet. Aus diesem Grund erscheint das Erfassen der Herzfrequenz geeigneter, um Energieaufwand und Leistungsmerkmale im Fußball zu analysieren.<sup>31</sup>

### 2.2.3 Scouting

Je näher der Saisonstart in der Bundesliga rückt, desto größer wird das Kauf- und Tauschfieber auf dem Markt. Vereine verpflichten neue Spieler, um das anvisierte Ziel für die neue Saison erfüllen zu können. Die Preise für Transfers sind dabei seit den achtziger Jahren kontinuierlich gestiegen. Zur Verdeutlichung: Während die Ausgaben in der Bundesliga für Spielereinkäufe im Jahr 1980 bei rund 5,8 Millionen Euro<sup>32</sup> lagen, waren die Transferausgaben in der Bundesligasaison 2015/2016 bei rund 468 Millionen Euro.<sup>33</sup>

Neue Spieler sind für Vereine nicht nur eine Bereicherung im sportlichen Sinne, sondern auch eine Investition. Und wie es in der Wirtschaft gehandhabt wird, braucht jede neue Investition ihre Rechtfertigung. Das geht am Fußball nicht vorbei. Dieser Rechtfertigungsgrund wird schon lange vom Bauchgefühl eines Trainers abgelöst. Durch Analysen von Spielern lassen sich Leistungswerte

---

<sup>30</sup> Vgl. Dettwiler/Telley/Denoth [2008], S. 2 (indirektes Zitat)

<sup>31</sup> Vgl. Dellal/Da Silva/Hill-Haas/Wong/Natali/De Lima/Filho/Marins/Garcia/Karim [2012], S. 2891 (indirektes Zitat)

<sup>32</sup> Vgl. Transfermarkt.de [o. J.], o. S. (indirektes Zitat)

<sup>33</sup> Vgl. Transfermarkt.de [o. J.], o. S. (indirektes Zitat)

ermitteln, die zu einem Gesamtwert errechnet werden können und als Rechtfertigungsgrund dienen.

Spielerprofile und Leistungsdiagnostiken werden von Datenlieferanten erstellt und weiterverkauft, um Vereinen Hinweise für künftige Käufe geben zu können. Somit spielen beispielsweise Meilensteine in der Karriere, Verletzungen und Verhaltensmuster eine ausschlaggebende Rolle. Um den ungefähren Wert eines Spielers zu messen und somit seinen maximalen Preis zu ermitteln, werden Leistungswerte mit Spielern der gleichen Altersstufe verglichen.

Die Leistungsdiagnostik hat in der Praxis zwei Hauptaufgaben. Das sind zum einen die Identifikation der Stärken und Schwächen eines Fußballers, welche im Fachbereich Statusdiagnostik genannt wird und zum anderen die Protokollierung von Trainings- und Wettkampfleistungen, deren Fachaussdruck die Prozessdiagnostik ist.<sup>34</sup>

Die folgende Grafik (Abb. 12) veranschaulicht die Leistungsmerkmale eines Spielers im Verhältnis zu seiner Mannschaft. Anhand von optimalen Werten (Referenzwerten) lässt sich ablesen, wie gut die Leistungen eines Spielers im Verhältnis zur Gesamtleistung der Mannschaft in einem Spiel waren. Aufbauend darauf werden zum Beispiel nach einer Saison alle Leistungswerte eines Spielers zusammengefügt, um einen aktuellen Leistungswert zu errechnen.

---

<sup>34</sup> Vgl. Hohmann/Lames/Letzelter [2010], S.151 (indirektes Zitat)

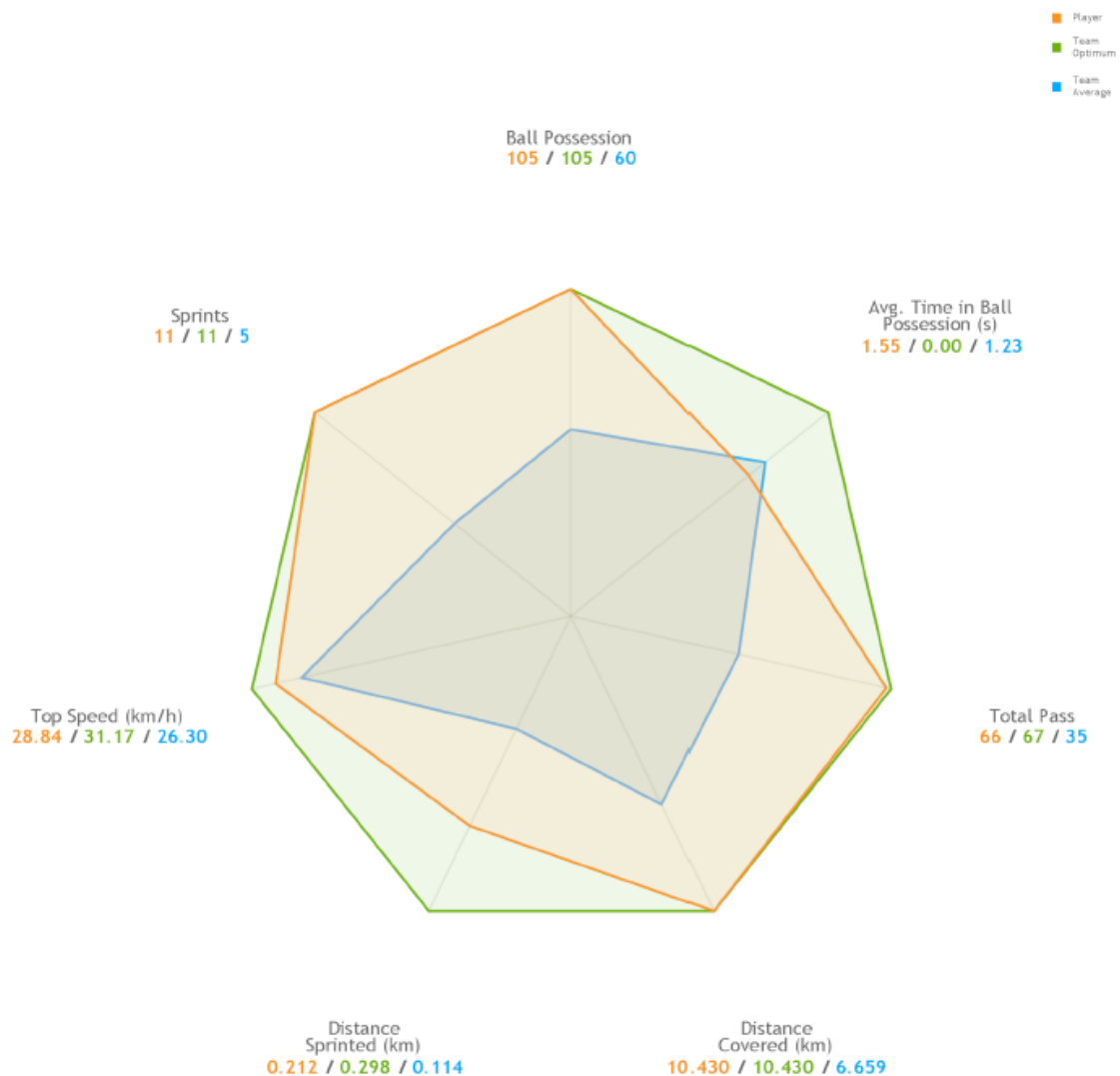


Abbildung 12 Leistungsbewertung grafisch dargestellt (bereitgestellt durch Fraunhofer IIS)

Auch in Nachwuchsabteilungen werden Scouting-Analysen gefahren. Die Fähigkeiten junger Talente werden mit den Fähigkeiten junger Profis verglichen, um Prognosen für die fußballerische Zukunft zu treffen. Diese Methode nennt man „Predictive Analytics“.<sup>35</sup> Doch Leistungswerte werden nicht nur für Vereinstransfers benötigt. Auch für Trainer selbst sind derartige Analysen wertvoll. Hierbei

<sup>35</sup> Vgl. Feindt, M. [2014], S. 16-28 (indirektes Zitat)



werden Leistungen von Spielern innerhalb einer Mannschaft verglichen, um einen objektiven Leistungsstand zu erfahren. Das könnte den Trainer darin unterstützen, auf den richtigen Spieler zu setzen.

In der folgenden Abbildung werden zwei unterschiedliche Laufwege miteinander verglichen und ausgewertet (Abb. 13, Abb. 14). Anhand der Ergebnisse (Abb. 14) kann objektiv dargestellt werden, welcher Laufweg der effizientere ist. Nach diesem Schema ist es möglich, Leistungswerte herauszuarbeiten und in Spielerprofilen zu ergänzen.

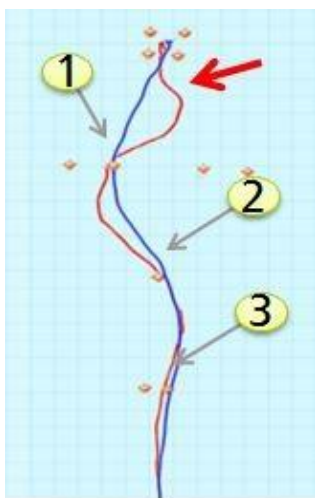


Abbildung 13 Laufwege zweier unterschiedlicher Spieler grafisch dargestellt (bereitgestellt durch Fraunhofer IIS)



Abbildung 14 Auswirkung unterschiedlicher Laufwege auf die Geschwindigkeit (bereitgestellt durch Fraunhofer IIS)

## **2.3 Wie steht es um den Schutz gesammelter Daten im Bereich des deutschen Profifußballs?**

Bei der Nutzung von Daten- und Informationsströmen spielen rechtliche Aspekte eine wichtige Rolle – gerade wenn es um die Frage des Datenschutzes geht. Nach deutschem Recht sind Big-Data-Anwendungen einigen Einschränkungen durch das Bundesdatenschutzgesetz unterworfen. Ein wichtiger Grundsatz darin ist das sogenannte Verbotsprinzip. Dieses Prinzip schreibt vor, dass personenbezogene Daten nur genutzt oder weiterverarbeitet werden dürfen, wenn die betreffende Person ausdrücklich zustimmt oder wenn eine entsprechende Rechtsvorschrift dies ausdrücklich erlaubt. Datenerhebung und -verwendung unterliegen einer Zweckbindung. Das bedeutet, dass ein zweckdienlicher Nutzen der Datennutzung festgelegt werden muss. Damit wird verhindert, dass personenbezogene Daten zu unbestimmten Zwecken missbraucht werden können.<sup>36</sup> Paragraph 32, Absatz 1, Datenerhebung, -verarbeitung und -nutzung für Zwecke des Beschäftigungsverhältnisses besagt:

„Personenbezogene Daten eines Beschäftigten dürfen für Zwecke des Beschäftigungsverhältnisses erhoben, verarbeitet oder genutzt werden, wenn dies für die Entscheidung über die Begründung eines Beschäftigungsverhältnisses oder nach Begründung des Beschäftigungsverhältnisses für dessen Durchführung oder Beendigung erforderlich ist. Zur Aufdeckung von Straftaten dürfen personenbezogene Daten eines Beschäftigten nur dann erhoben, verarbeitet oder genutzt werden, wenn zu dokumentierende tatsächliche Anhaltspunkte den Verdacht begründen, dass der Betroffene im Beschäftigungsverhältnis eine Straftat begangen hat, die Erhebung, Verarbeitung oder Nutzung zur Aufdeckung erforderlich ist und das schutzwürdige Interesse des Beschäftigten an dem Ausschluss der

---

<sup>36</sup> Vgl. Bitkom [2012], S. 43 (indirektes Zitat)

Erhebung, Verarbeitung oder Nutzung nicht überwiegt, insbesondere Art und Ausmaß im Hinblick auf den Anlass nicht unverhältnismäßig sind.“<sup>37</sup>

Bezogen auf die Fußballwelt stellt sich die Frage, ob es überhaupt um Datenschutz geht und was mit den gesammelten Daten passiert, falls ein Vereinswechsel beziehungsweise ein Arbeitsplatzwechsel vorgenommen wird. Dazu muss als erstes überprüft werden, ob das Bundesdatenschutzgesetz auf Big-Data-Analysen im deutschen Profifußball anwendbar ist.

Da personenbezogene Daten verarbeitet werden und Leistungsdaten erfasst werden, trifft dies zu. Als nächstes muss überprüft werden, ob es zulässig ist, Leistungsdaten zu veröffentlichen. Die rechtliche Erlaubnis ergibt sich aus einer allgemeinen Interessensabwägung. Ein wirtschaftliches Interesse besteht seitens des Vereins, da gute Leistungen einer Mannschaft den wirtschaftlichen Erfolg eines Vereins ankurbeln. Zudem profitieren Vereine durch die Vermarktung von einzelnen Spielern. Ein öffentliches Interesse besteht ebenso, da die erste und zweite Bundesliga mit großem öffentlichen Interesse verfolgt wird und somit ein berechtigtes Interesse der Öffentlichkeit besteht. Die schutzwürdigen Interessen der betroffenen Bundesligaprofis müssen allerdings demgegenüber zurücktreten. Da Fußballprofis ohnehin bei Spielen im Rampenlicht der Öffentlichkeit stehen, wird der Privatbereich unberührt gelassen und die Privatsphäre eines Spielers nicht verletzt. Ein wirtschaftliches Interesse besteht bei den Profis dennoch, da sie vor allem von der Selbstvermarktung profitieren.<sup>38</sup>

Da ein berechtigtes wirtschaftliches und öffentliches Interesse an der Erfassung und Vermarktung von Daten sowohl auf Vereinsseite als auch auf Spielerseite besteht, ist das Bundesdatenschutzgesetz auf Big-Data-Analysen im Profifußball anwendbar. Demnach müssen nach einem Vereinswechsel beziehungsweise nach der Beendigung des Arbeitsverhältnisses die persönlichen Daten der ehemaligen Beschäftigten gelöscht werden, da der Zweck der erhobenen Daten

---

<sup>37</sup> Dejure [2012], o. S. (direktes Zitat)

<sup>38</sup> Vgl. Haag [2015], o. S. (indirektes Zitat)

wegfällt. Solange der Spieler jedoch bei einem Verein verpflichtet ist, hält dieser auch die Rechte dafür.

Datenschutzangelegenheiten werden dahingehend eine immer bedeutendere Rolle in Profivereinen spielen. Das Gleiche gilt auch für ärztliche Diagnosen der Spieler. Auch wenn es inzwischen üblich ist, Details über die Verletzung oder Medizinchecks von Fußballern in den Medien zu erfahren, sind es dennoch personenbezogene Daten der besonderen Art. Sportmediziner könnten sich bei einer Weitergabe der Krankenakte ohne eine ausdrückliche Einwilligung der betroffenen Spieler durch die Verletzung des Patientengeheimnisses strafbar machen. Datenschutzbeauftragte müssen also darauf hinwirken, dass bei persönlichen Mitteilungen in den Medien die entsprechenden Einwilligungen der Spieler eingeholt werden.<sup>39</sup> Der FC Bayern beispielsweise baut deshalb eine neue Abteilung „New Media“ auf, um den rechtlichen Ansprüchen des Megatrends gerecht zu werden.<sup>40</sup>

---

<sup>39</sup> Vgl. Haag [2015], o. S. (indirektes Zitat)

<sup>40</sup> Vgl. Koenen/Fasse [2012], S. 3. (indirektes Zitat)

### **3 Empirie – Anwendung des RedFIR-Systems auf die Trainingsmethodik im Fußball**

In diesem Kapitel werden die Zielsetzung, die Methodik und das Ergebnis einer empirischen Untersuchung dargestellt. Der Zweck einer empirischen Untersuchung liegt darin, eine relevante Fragestellung so zu präzisieren, dass sie mit vorhandenen oder zu erhebenden Daten untersucht und beantwortet werden kann.

#### **3.1 Ziel der empirischen Untersuchung**

Die empirische Untersuchung dieser Bachelorarbeit beschäftigt sich mit der Anwendbarkeit des vom Fraunhofer Institut IIS entwickelten Funkortungssystems RedFIR. Ziel der Untersuchung war es, ersichtlich zu machen, inwieweit die Einsetzbarkeit des RedFIR-Systems auf Trainingsmethoden hinsichtlich einer konkreten Praxisanwendung im Fußball gegeben ist. Beispielhaft soll ersichtlich gemacht werden, ob das System geeignet ist, Stärken und Schwächen, die auf die Fußpräferenz zurückzuführen sind, zu erfassen. Dabei soll sowohl auf die Passpräzision als auch auf die Ballverarbeitungszeit eingegangen werden.

Die Aufnahmen für das Experiment wurden im Fraunhofer Test und Application Center L.I.N.K. gemacht. Die Testfläche der Halle umfasst eine Gesamtfläche von 1080 Quadratmetern und ist ideal geeignet, um Tests zur Positionsbestimmung durchzuführen.

##### **3.1.1 Fragestellung und Hypothesen**

Die Fragestellung, mit der sich die empirische Untersuchung in dieser Bachelorarbeit befasst, baut auf dem theoretischen Hintergrund des RedFIR-Systems (Abschnitt 2.1.2) auf. Die Untersuchung soll aufzeigen, wie sich die Ballverarbeitungsdauer und die Passpräzision im Hinblick auf den starken und schwachen Fuß auswirken. Damit soll veranschaulicht werden, wie genau das System arbeitet und welchen Nutzen es für die Trainingsmethoden im Fußball haben könnte. Dazu werden zwei Hypothesen aufgestellt:

### Hypothese 1:

Die Passpräzision auf die Zielstange mit dem starken Fuß ist höher als mit dem schwachen Fuß.

### Hypothese 2:

Die Ballverarbeitungszeit bei der Annahme mit dem starken Fuß ist kürzer als mit der Annahme des schwachen Fußes.

Um die Hypothesen prüfen zu können, stellt sich die Frage, mit welcher Datengrundlage der Autor arbeitet. Die Datengrundlage beruht auf den Aufnahmen der Testversuche, die im L.I.N.K. des Fraunhofer Instituts durchgeführt wurden. Da die Aufnahmen automatisiert verarbeitet werden und somit nicht die Rohdaten als Analysegrundlage dienen, handelt es sich nicht um eine Primärdatenerhebung, sondern um eine Sekundärdatenanalyse.

Die Probanden, die sich für die Durchführung des Versuchs bereitstellten, wurden darüber informiert, dass personenbezogene Leistungsdaten in dieser Untersuchung verwendet werden. Diese haben der Nutzung der Daten für diese Bachelorarbeit zugestimmt.

## **3.2 Methodik**

### **3.2.1 Versuchsaufbau**

In der Testumgebung wurde ein Trainingsparcours aufgebaut, um objektive Ergebnisse zu den zwei unterschiedlichen Hypothesen zu erhalten.

Die Aufgabenstellung zweier Probanden war es, einen Ball möglichst präzise auf eine Zielstange zu passen. Die Zielstange stand dabei zehn Meter von der Passzone entfernt. Die Tests wurden nacheinander durchgeführt und vom System aufgenommen. Beide Probanden trugen Sender an beiden Sprunggelenken. Der Versuch wurde mit einem senderausgestatteten Ball durchgeführt. Der Ball wurde den Probanden von zwei unterschiedlichen Positionen flach zugespielt. Zunächst wurde der Ball zwanzig Mal mit dem starken Fuß angenommen und mit dem schwachen Fuß auf die Zielstange gespielt. Das Ganze wurde anschließend in umgekehrter Weise durchgeführt. Der zugespielte Ball wurde mit dem schwächeren Fuß angenommen und mit dem stärkeren auf die Zielstange gespielt. Der Versuchsaufbau sieht grafisch dargestellt wie folgt aus (Abb. 15):

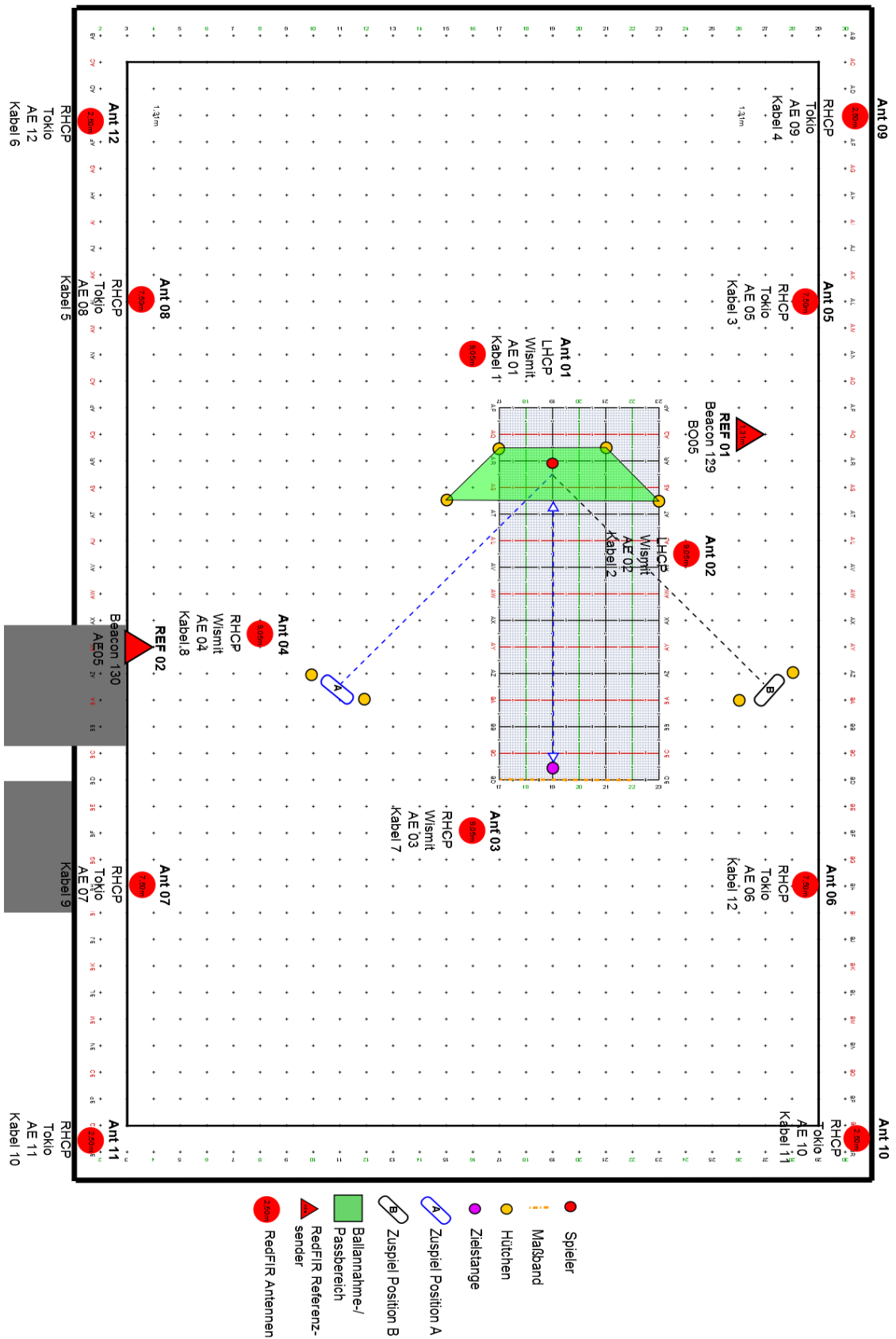


Abbildung 15 Versuchsaufbau im L.I.N.K.



### 3.2.2 Datenanalysen

Die im Test verwendeten Sender sowie die Position der verwendeten Zielstange und Positionen von virtuellen Lichtschranken (siehe nächster Absatz) werden zunächst in einer Datei im Javascript Object Notation (JSON) Format eingetragen. Die Informationen, die in dieser Datei eingetragen werden, sind als Grundlage der Auswertung notwendig. Die Auswertung des absolvierten Trainingsparcours geschieht automatisiert durch ein Skript der Programmiersprache Python, das die JSON-Datei einliest. Um verschiedene Testdurchläufe innerhalb einer Aufnahme identifizieren zu können, werden virtuelle Lichtschranken im Parcours benötigt. Basierend auf den Bodenmarkierungen im L.I.N.K. können die Positionen dieser Lichtschranken in der JSON-Datei eingetragen werden, damit Anfang und Ende der Testdurchläufe automatisiert erkannt werden. Sobald der Ball die erste Lichtschranke, die vor der Ballannahme des Probanden gesetzt wird, überquert, beginnt ein Durchgang. Das Ende des Durchganges wird anhand einer Lichtschranke hinter der Zielstange erkannt. Sobald der Ball diese Lichtschranke übertritt, gilt der Durchgang als beendet. In der folgenden Grafik veranschaulichen die roten Markierungen, wie virtuelle Lichtschranken auf einem Graphen dargestellt werden (Abb. 16).

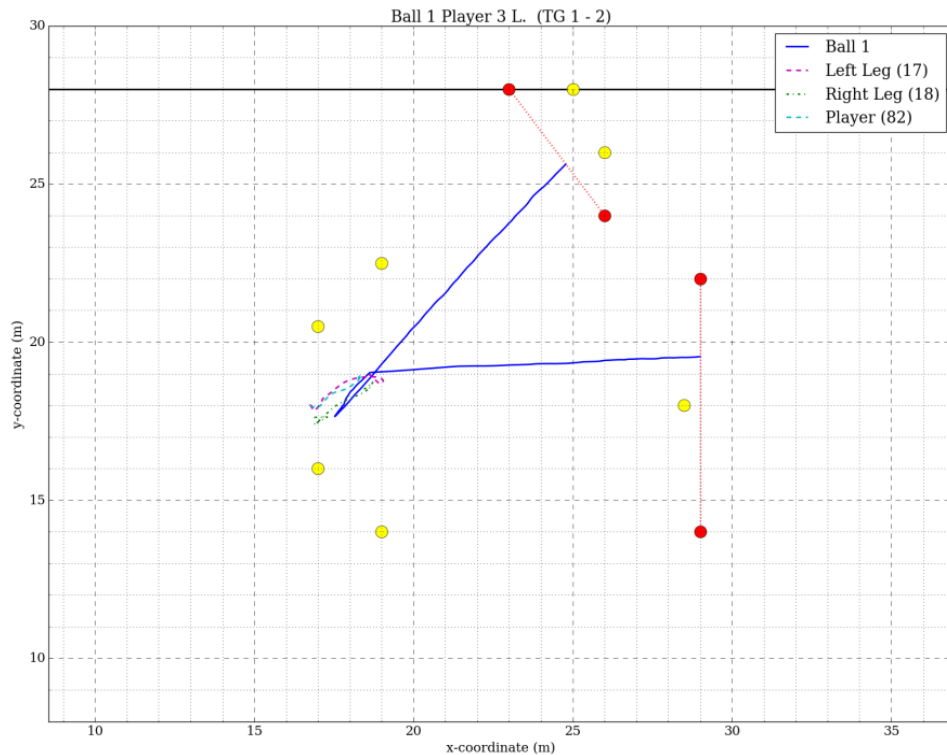


Abbildung 16 Plot für die Darstellung der Lichtschranken (bereitgestellt durch Fraunhofer IIS)

Als Ergebnisse werden die Ballverarbeitungsdauer und Passpräzision auf die Zielstange in einer Excel-Tabelle (Tab. 1) dargestellt. Zusätzlich gibt es die Möglichkeit Grafiken (Plots) zu erstellen, die aus den Positionsdaten abgeleiteten Geschwindigkeits- und Beschleunigungsdaten veranschaulichen. Die Ergebniswerte lassen sich aus den Excel-Tabellen ablesen.

Tabelle 1 Exemplarische Tabelle für Messergebnisse (Daten bereitgestellt durch Fraunhofer IIS)

Time Range	Beacon	Min. Dist.-2D [m]
(TG 1 - 2)	Ball 1 Ball 1	0,377
(TG 2 - 3)	Ball 1 Ball 1	0,601
(TG 3 - 4)	Ball 1 Ball 1	0,117
(TG 4 - 5)	Ball 1 Ball 1	0,344
(TG 5 - 6)	Ball 1 Ball 1	0,814
(TG 6 - 7)	Ball 1 Ball 1	0,078
(TG 7 - 8)	Ball 1 Ball 1	0,289
(TG 8 - 9)	Ball 1 Ball 1	0,055
(TG 9 - 10)	Ball 1 Ball 1	0,405
(TG 10 - 11)	Ball 1 Ball 1	0,349
(TG 11 - 12)	Ball 1 Ball 1	0,058
(TG 12 - 13)	Ball 1 Ball 1	0,224
(TG 13 - 14)	Ball 1 Ball 1	0,59
(TG 14 - 15)	Ball 1 Ball 1	0,543
(TG 15 - 16)	Ball 1 Ball 1	0,554
(TG 16 - 17)	Ball 1 Ball 1	0,875
(TG 17 - 18)	Ball 1 Ball 1	0,057
(TG 18 - 19)	Ball 1 Ball 1	0,395
(TG 19 - 20)	Ball 1 Ball 1	0,118
(TG 20 - 21)	Ball 1 Ball 1	0,277

Anhand einer automatisiert erstellten Excel-Tabelle wie in Tabelle 1 zu sehen, können die Ergebnisse der einzelnen Versuchsdurchgänge vom Parcours eingesehen werden. Tabelle 1 stellt exemplarisch dar, wie die geringste Entfernung vom zuvor gespielten Ball zur Zielstange ist. Dies wird in Metern dargestellt (Min. Dist.-2D [m]). Die Spalte „Beacon“ beschreibt, welcher Sender bei der Analyse verwendet wurde. Dies dient zur Identifizierung der Versuchsergebnisse. In Tabelle 1 wird exemplarisch veranschaulicht, dass ein Ballsender (Ball 1) für die Analyse der Passpräzision verwendet wurde. Wenn es um die Analyse der Ballverarbeitungszeit geht, wird dementsprechend der Spielersender verwendet. Dies wird automatisiert im System erkannt und in der Excel-Tabelle angepasst. Die erste Spalte (Time Range, siehe Tab. 1) gliedert den Versuch in die Anzahl der Versuchsdurchläufe. Der erste Durchgang des Versuchs wird im Beispielbild mit „TG 1-2“ gekennzeichnet.

Die Ergebnisse der Excel-Tabelle sind Grundlage für die Errechnung von Mittelwert und Standardabweichung eines Versuchs. Um den Mittelwert zu erhalten, werden alle Ergebnisse addiert und durch die Anzahl der Versuchsdurchläufe geteilt. Der Mittelwert dieses Versuchs sagt aus, mit welcher Entfernung der Ball

durchschnittlich nach dem Passspiel an der Zielstange vorbeigerollt ist. Die Standardabweichung ist nützlich, um die durchschnittliche Entfernung aller Versuchsdurchgänge vom Mittelwert zu erhalten. Vereinfacht gesagt – die Abweichung jedes einzelnen Durchgangs vom Mittelwert.

Mit Hilfe der sogenannten Plots ist es möglich, die erfassten Werte, die in der Excel-Tabelle nur als Ziffern dargestellt sind, Grafisch darzustellen. Positionen der Beine und die Erkennung der Ballkontakte sowie der Abstand vom Ball zur Zielstange nach erfolgtem Passspiel können somit besser nachvollzogen werden.

Ergänzend zur Tabelle 1 veranschaulicht die folgende Grafik (Abb. 17) anhand von Graphen, an welcher Stelle der geringste Abstand vom Ball zur Zielstange war (siehe rote Markierung in Abb. 17). Zusätzlich lässt sich anhand des geringsten Abstandes zum Ball (blaue Line) sehen, mit welchem Fuß der Ball angenommen wurde und mit welchem Fuß der Pass auf die Zielstange durchgeführt wurde (siehe schwarze Markierung in Abb. 17).

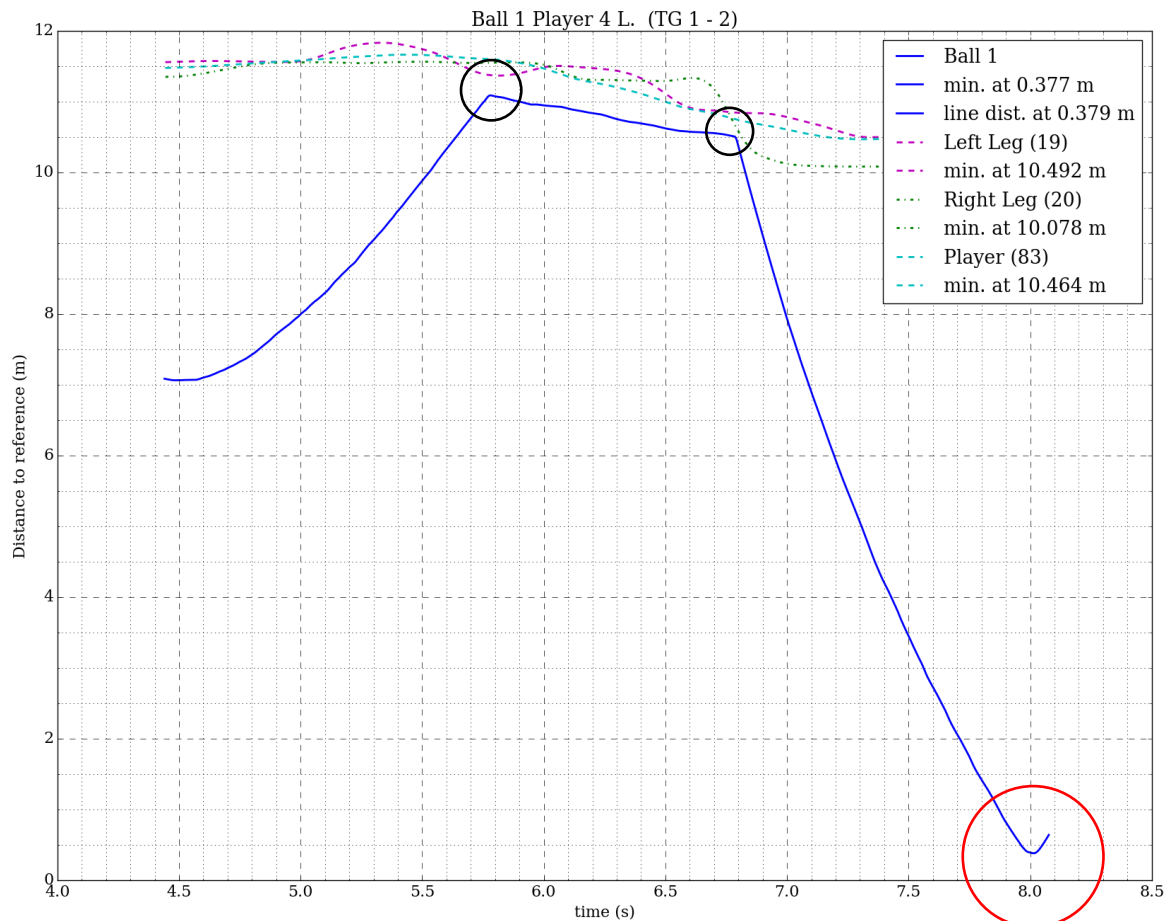


Abbildung 17 Exemplarischer Plot für die Erkennung der Ballkontakte mit den unterschiedlichen Füßen (bereitgestellt durch Fraunhofer IIS)

Um die Ergebnisse der Excel-Tabellen zu kontrollieren, nutzt man dementsprechende Plots. Ergänzend dazu ist die Nutzung der folgenden Grafik (Abb. 18) sinnvoll, um die Ballkontakte und die Entfernung des Balls zur Zielstange im Parcours sehen zu können.

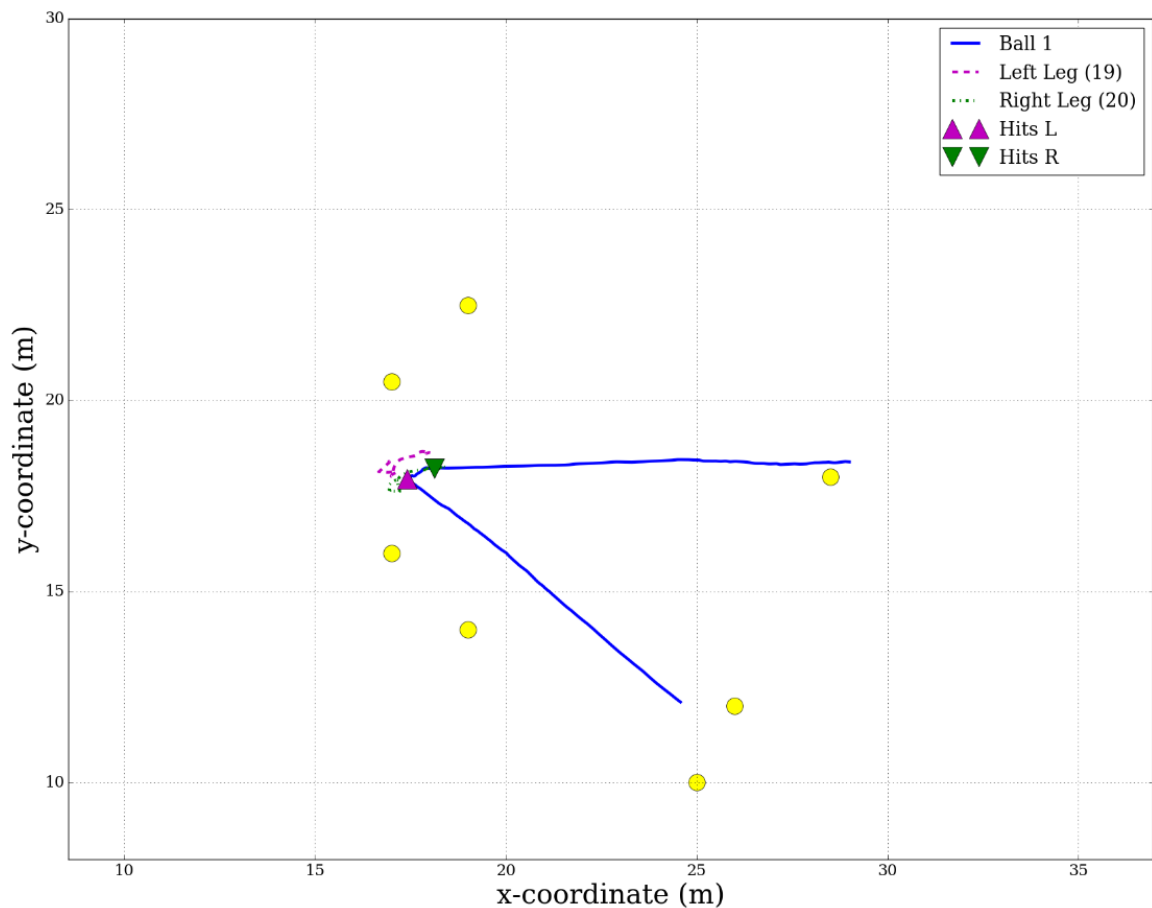


Abbildung 18 Exemplarischer Plot für die Erkennung der Ballkontakte und dem Positionsverlauf des Balles (bereitgestellt durch Fraunhofer IIS)

Das violette Dreieck kennzeichnet hier, mit welchem Fuß der Ball angenommen wurde und das grüne Dreieck, mit welchem Fuß der Pass auf die Zielstange gespielt wurde.

Die nachfolgende Grafik stellt die möglichen Berührungen mit dem Ball dar. Dabei werden nur Berührungen erkannt, wenn ein bestimmter Schwellenwert in der Beschleunigung des Balles überschritten wird (Acceleration ( $\text{m/s}^2$ )).

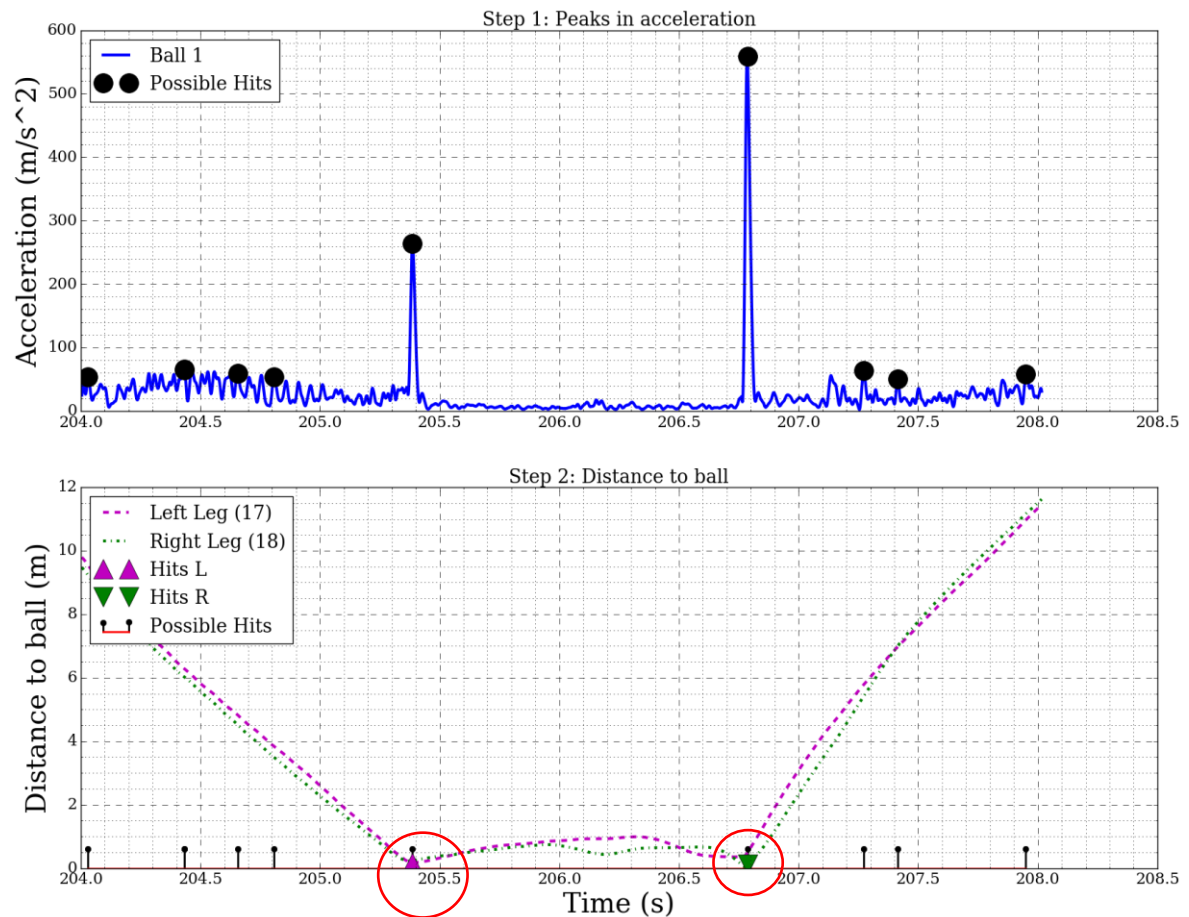


Abbildung 19 Exemplarischer Plot für die Erkennung der Ballkontakte (bereitgestellt durch Fraunhofer IIS)

Wird ein Ballkontakt erkannt, wird gleichzeitig die Entfernung vom Spielersender zum Ballsender gemessen (Distance to ball (m)). Daran erkennt das System, ob der Ballkontakt unmittelbar im Zusammenhang mit dem Spieler steht. Anschließend werden andere mögliche Ballkontakte ausgeblendet. Dies ist in der unteren Grafik (Abb. 19) dargestellt. Außer der Identifizierung, mit welchem Fuß der Ball berührt wurde (siehe rote Markierungen und Legende in Abb. 19), wird in dieser Grafik außerdem ersichtlich, welche Zeitspanne zwischen der Annahme des Balls und dem Passspiel lag (Ballverarbeitungszeit).

### 3.3 Ergebnisse

Die gesamten Versuchsergebnisse wurden in zwei Etappen aufgenommen. Als erstes bekamen die beiden Probanden den Ball von ihrer rechten Seite aus (Position A) auf ihren linken Fuß zugespielt. Die Annahme des Balles passierte mit dem linken Fuß. Mit dem rechten Fuß wurde anschließend auf die Zielstange gespielt. Der zweite Versuchsdurchlauf wurde dementsprechend in umgekehrter Form durchgeführt. Der Ball wurde linker Hand der Probanden (Position B) auf den rechten Fuß gespielt. Nach der Annahme mit dem rechten Fuß wurde der Ball anschließend mit dem linken Fuß auf die Zielstange gespielt.

Ballverarbeitungszeit Position A, Proband 1:

*Tabelle 2 Ballverarbeitungszeit (Position A/Proband 2) (Daten bereitgestellt durch Fraunhofer IIS)*

Time Range	Beacon	Timediff. 1-2 [s]
(TG 1 - 2)	Player 3 L. Right Leg (18)	1,14
(TG 2 - 3)	Player 3 L. Right Leg (18)	1,141
(TG 3 - 4)	Player 3 L. Right Leg (18)	1,346
(TG 4 - 5)	Player 3 L. Right Leg (18)	1,418
(TG 5 - 6)	Player 3 L. Right Leg (18)	1,353
(TG 6 - 7)	Player 3 L. Right Leg (18)	1,304
(TG 7 - 8)	Player 3 L. Right Leg (18)	1,373
(TG 8 - 9)	Player 3 L. Right Leg (18)	1,262
(TG 9 - 10)	Player 3 L. Right Leg (18)	1,197
(TG 10 - 11)	Player 3 L. Right Leg (18)	1,349
(TG 11 - 12)	Player 3 L. Right Leg (18)	1,102
(TG 12 - 13)	Player 3 L. Right Leg (18)	1,401
(TG 13 - 14)	Player 3 L. Right Leg (18)	1,293
(TG 14 - 15)	Player 3 L. Right Leg (18)	1,104
(TG 15 - 16)	Player 3 L. Right Leg (18)	1,418
(TG 16 - 17)	Player 3 L. Right Leg (18)	1,324
(TG 17 - 18)	Player 3 L. Right Leg (18)	1,244
(TG 18 - 19)	Player 3 L. Right Leg (18)	1,424
(TG 19 - 20)	Player 3 L. Right Leg (18)	1,284
(TG 20 - 21)	Player 3 L. Right Leg (18)	1,344
	Mittelwert	1,29105
	Standardabweichung	0,102713424



Die durchschnittliche Ballverarbeitungszeit (Proband 1/Position A) beträgt auf eine Nachkommastelle gerundet 1,3 Sekunden (siehe rote Markierung in Tab. 2). Bei jedem Durchgang weicht die Ballverarbeitungszeit dabei rund 0,1 Sekunden vom Mittelwert ab (siehe rote Markierung in Tab. 2).

Ballverarbeitungszeit Position A, Proband 2:

Tabelle 3 (Ballverarbeitungszeit (Position A/Proband 2) (Daten bereitgestellt durch Fraunhofer IIS)

Time Range	Beacon	Timediff. 1-2 [s]
(TG 1 - 2)	Player 4 L. Right Leg (20)	1,011
(TG 2 - 3)	Player 4 L. Right Leg (20)	1,053
(TG 3 - 4)	Player 4 L. Right Leg (20)	1,192
(TG 4 - 5)	Player 4 L. Right Leg (20)	0,965
(TG 5 - 6)	Player 4 L. Right Leg (20)	1,057
(TG 6 - 7)	Player 4 L. Right Leg (20)	0,898
(TG 7 - 8)	Player 4 L. Right Leg (20)	0,968
(TG 8 - 9)	Player 4 L. Right Leg (20)	0,955
(TG 9 - 10)	Player 4 L. Right Leg (20)	1,006
(TG 10 - 11)	Player 4 L. Right Leg (20)	0,927
(TG 11 - 12)	Player 4 L. Right Leg (20)	1,308
(TG 12 - 13)	Player 4 L. Right Leg (20)	1,08
(TG 13 - 14)	Player 4 L. Right Leg (20)	1,026
(TG 14 - 15)	Player 4 L. Right Leg (20)	1,105
(TG 15 - 16)	Player 4 L. Right Leg (20)	1,025
(TG 16 - 17)	Player 4 L. Right Leg (20)	0,94
(TG 17 - 18)	Player 4 L. Right Leg (20)	0,862
(TG 18 - 19)	Player 4 L. Right Leg (20)	0,796
(TG 19 - 20)	Player 4 L. Right Leg (20)	0,933
(TG 20 - 21)	Player 4 L. Right Leg (20)	0,978
	Mittelwert	1,00425
	Standardabweichung	0,110803373

Die durchschnittliche Ballverarbeitungszeit (Proband 2/Position A) beträgt auf eine Stelle hinter dem Komma gerundet 1,0 Sekunden (siehe rote Markierung in Bild). Dabei weicht jeder Durchgang gerundet 0,1 Sekunden vom Mittelwert ab (siehe rote Markierung in Tab. 3).

## Passpräzision Position A, Proband 1:

Tabelle 4 Passpräzision (Position A/Proband 1) (Daten bereitgestellt durch Fraunhofer IIS)

Time Range	Beacon		Min. Dist.-2D [m]
(TG 1 - 2)	Ball 1 Ball 1		0,835
(TG 2 - 3)	Ball 1 Ball 1		0,281
(TG 3 - 4)	Ball 1 Ball 1		0,586
(TG 4 - 5)	Ball 1 Ball 1		0,063
(TG 5 - 6)	Ball 1 Ball 1		1,099
(TG 6 - 7)	Ball 1 Ball 1		0,134
(TG 7 - 8)	Ball 1 Ball 1		0,237
(TG 8 - 9)	Ball 1 Ball 1		0,755
(TG 9 - 10)	Ball 1 Ball 1		0,546
(TG 10 - 11)	Ball 1 Ball 1		0,314
(TG 11 - 12)	Ball 1 Ball 1		0,365
(TG 12 - 13)	Ball 1 Ball 1		0,23
(TG 13 - 14)	Ball 1 Ball 1		0,26
(TG 14 - 15)	Ball 1 Ball 1		0,777
(TG 15 - 16)	Ball 1 Ball 1		0,481
(TG 16 - 17)	Ball 1 Ball 1		0,362
(TG 17 - 18)	Ball 1 Ball 1		0,332
(TG 18 - 19)	Ball 1 Ball 1		0,109
(TG 19 - 20)	Ball 1 Ball 1		0,675
(TG 20 - 21)	Ball 1 Ball 1		0,349
		Mittelwert	0,4395
		Standardabweichung	0,267245112

Der durchschnittliche geringste Abstand beim Passspiel von Proband 1 mit dem rechten Fuß auf die Zielstange beträgt nach zwanzig Durchgängen, ausgehend von Position A, rund 44cm. Das bedeutet, dass die durchschnittliche Entfernung vom Ball zur Zielstange von zwanzig Durchgängen, bei rund 44 cm lag (siehe rote Markierung in Tab. 4).

Der Wert der Standardabweichung von gemessenen zwanzig Versuchen lag bei rund 27 cm (siehe rote Markierung in Tab. 4). Die Standardabweichung erklärt die Konstanz der Passpräzision von allen zwanzig Durchgängen in Abhängigkeit

zum Mittelwert. Genauer gesagt weicht jeder Pass auf die Zielstange durchschnittlich 27 cm vom Mittelwert (44 cm) ab.

Der folgende Plot (Bild) veranschaulicht in Versuch neun (TG 9 – 10) den Positionsverlauf des Balles.

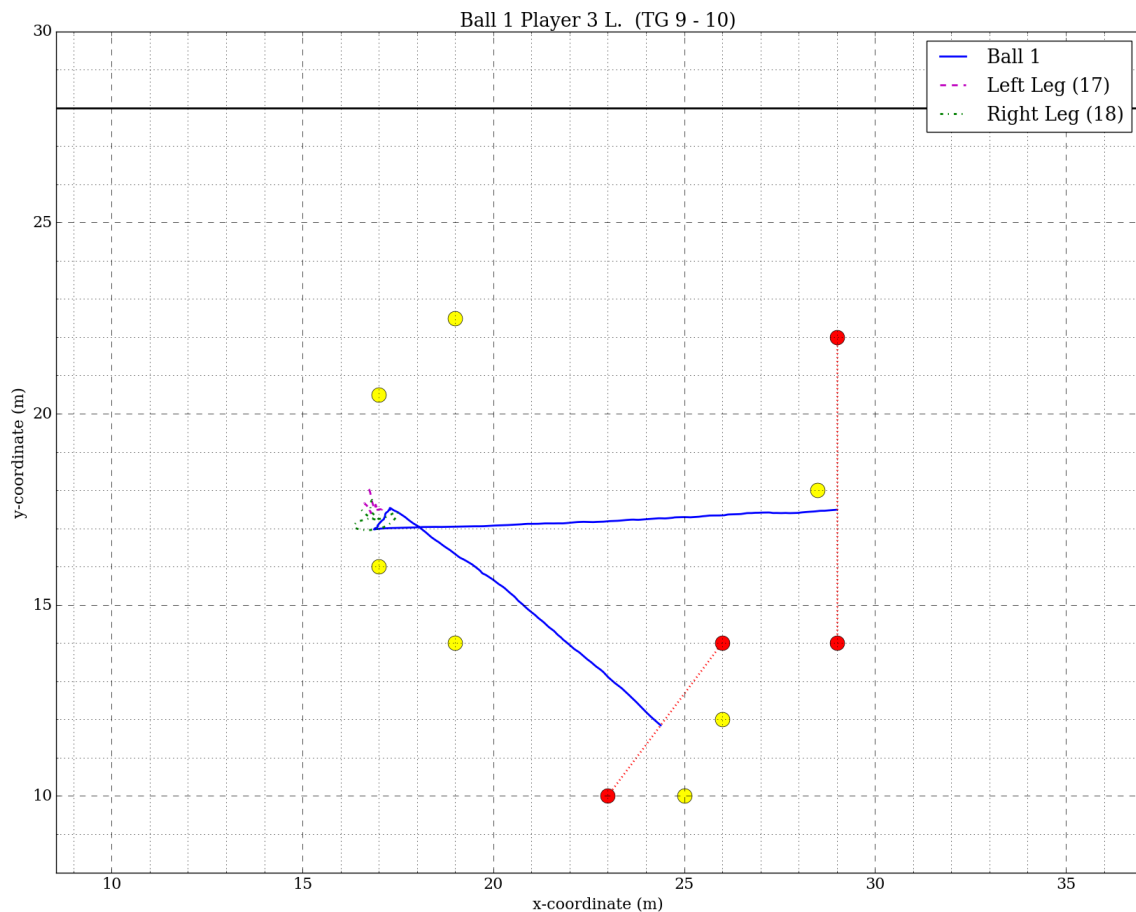


Abbildung 20 Plot für den Positionsverlauf des Balles (Position A/Proband 1) (bereitgestellt durch Fraunhofer IIS)

Anhand dieses Plots lässt sich der geringste Abstand vom Ball zur Zielstange schätzen. In diesem Fall würde man ungefähr einen halben Meter Abstand zwischen Ball und Zielstange vermuten. Das Ergebnis aus der Excel-Tabelle (Tab. 4) weist folgenden Wert auf (rote Markierung in Abb. 21):

(TG 9 - 10)

Ball 1 Ball 1

0,546

Abbildung 21 Messung von Durchgang TG 9-10 der Passpräzision von Position A/Proband 1 (Einzelwerte bereitgestellt durch Fraunhofer IIS)

## Passpräzision Position A, Proband 2:

Tabelle 5 Passpräzision (Position A/Proband 2) (Daten bereitgestellt durch Fraunhofer IIS)

Time Range	Beacon		Min. Dist.-2D [m]
(TG 1 - 2)	Ball 1 Ball 1		0,377
(TG 2 - 3)	Ball 1 Ball 1		0,601
(TG 3 - 4)	Ball 1 Ball 1		0,117
(TG 4 - 5)	Ball 1 Ball 1		0,344
(TG 5 - 6)	Ball 1 Ball 1		0,814
(TG 6 - 7)	Ball 1 Ball 1		0,078
(TG 7 - 8)	Ball 1 Ball 1		0,289
(TG 8 - 9)	Ball 1 Ball 1		0,055
(TG 9 - 10)	Ball 1 Ball 1		0,405
(TG 10 - 11)	Ball 1 Ball 1		0,349
(TG 11 - 12)	Ball 1 Ball 1		0,058
(TG 12 - 13)	Ball 1 Ball 1		0,224
(TG 13 - 14)	Ball 1 Ball 1		0,59
(TG 14 - 15)	Ball 1 Ball 1		0,543
(TG 15 - 16)	Ball 1 Ball 1		0,554
(TG 16 - 17)	Ball 1 Ball 1		0,875
(TG 17 - 18)	Ball 1 Ball 1		0,057
(TG 18 - 19)	Ball 1 Ball 1		0,395
(TG 19 - 20)	Ball 1 Ball 1		0,118
(TG 20 - 21)	Ball 1 Ball 1		0,277
		Mittelwert	0,356
		Standartabweichung	0,240898734

Der durchschnittliche geringste Abstand beim Passspiel von Proband 2 mit dem rechten Fuß auf die Zielstange beträgt nach zwanzig Durchgängen, ausgehend von Position A, rund 36 cm. Jeder Pass auf die Zielstange weicht dabei durchschnittlich 24 cm vom Mittelwert ab (Standardabweichung, siehe rote Markierung in Tab. 5).

Der folgende Plot (Abb. 22) veranschaulicht in Versuch neun (TG 9 – 10) den Positionsverlauf des Balles.

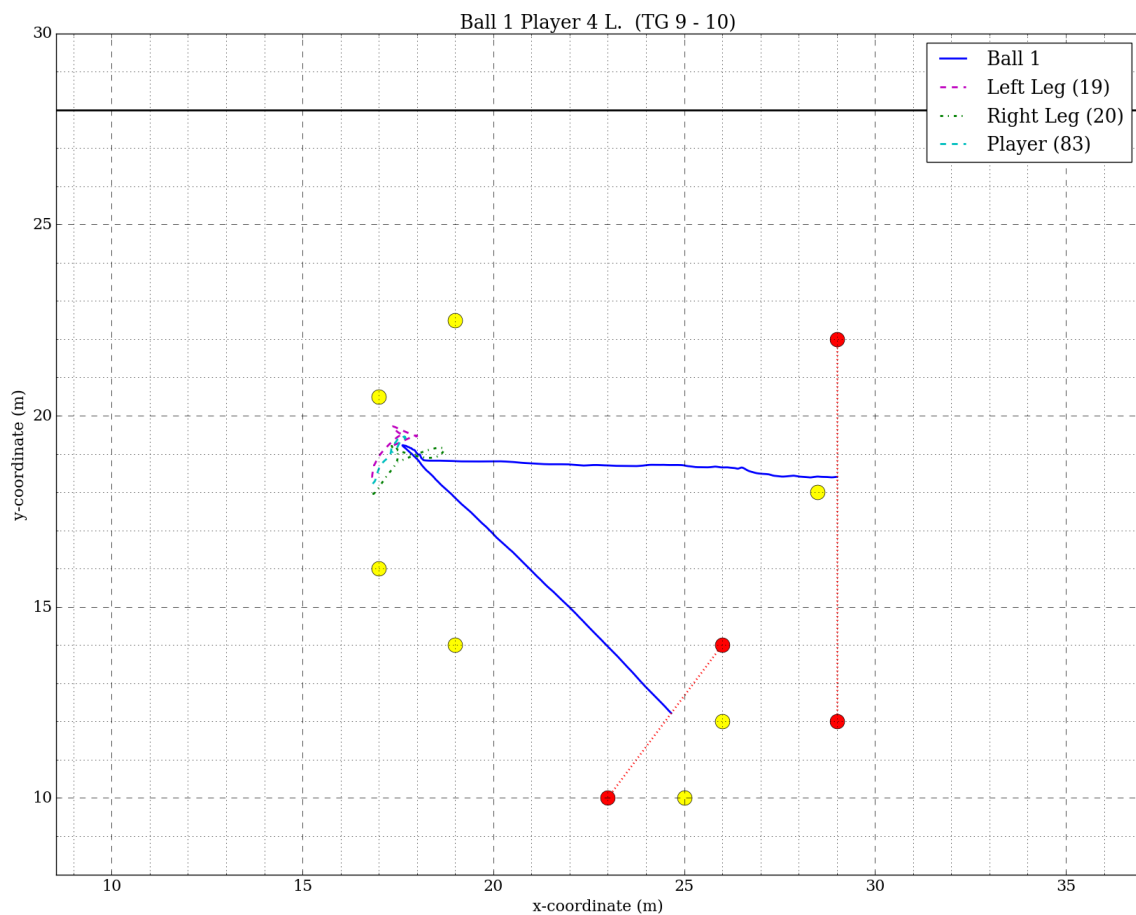


Abbildung 22 Plot für den Positionsverlauf des Balles (Position A/Proband 2) (bereitgestellt durch Fraunhofer IIS)

Anhand dieses Plots würde man den geringsten Abstand zwischen Ball und Zielstange unter einem halben Meter vermuten. Das Ergebnis aus der Excel-Tabelle (Tab. 5) weist folgenden Wert auf (rote Markierung in Abb. 23):

(TG 9 - 10)	Ball 1 Ball 1		0,405
-------------	---------------	--	-------

Abbildung 23 Messung von Durchgang TG 9-10 der Passpräzision von Position A/Proband 2 (Einzelwerte bereitgestellt durch Fraunhofer IIS)

## Ballverarbeitungszeit Position B, Proband 1:

Tabelle 6 Ballverarbeitungszeit (Position B/Proband 1) (Daten bereitgestellt durch Fraunhofer IIS)

Time Range	Beacon		Timediff. 1-2 [s]
(TG 1 - 2)	Player 3 L. Right Leg (18)		1,271
(TG 2 - 3)	Player 3 L. Right Leg (18)		1,732
(TG 3 - 4)	Player 3 L. Right Leg (18)		1,286
(TG 4 - 5)	Player 3 L. Right Leg (18)		1,475
(TG 5 - 6)	Player 3 L. Right Leg (18)		1,962
(TG 6 - 7)	Player 3 L. Right Leg (18)		1,379
(TG 7 - 8)	Player 3 L. Right Leg (18)		2,694
(TG 8 - 9)	Player 3 L. Right Leg (18)		1,21
(TG 9 - 10)	Player 3 L. Right Leg (18)		1,188
(TG 10 - 11)	Player 3 L. Right Leg (18)		1,183
(TG 11 - 12)	Player 3 L. Right Leg (18)		1,286
(TG 12 - 13)	Player 3 L. Right Leg (18)		1,73
(TG 13 - 14)	Player 3 L. Right Leg (18)		1,285
(TG 14 - 15)	Player 3 L. Right Leg (18)		1,238
(TG 15 - 16)	Player 3 L. Right Leg (18)		1,282
(TG 16 - 17)	Player 3 L. Right Leg (18)		1,296
(TG 17 - 18)	Player 3 L. Right Leg (18)		1,309
(TG 18 - 19)	Player 3 L. Right Leg (18)		1,214
(TG 19 - 20)	Player 3 L. Right Leg (18)		1,335
(TG 20 - 21)	Player 3 L. Right Leg (18)		1,098
		Mittewert	1,42265
		Standardabweichung	0,359060618

Die durchschnittliche Ballverarbeitungszeit (Proband 1/Position B) beträgt auf eine Stelle hinterm Komma gerundet 1,4 Sekunden (siehe rote Markierung in Tab. 6). Die Ballverarbeitungszeit weicht bei jedem Durchgang rund 0,36 Sekunden vom Mittelwert ab (siehe Standardabweichung in der roten Markierung in Tab. 6).

## Ballverarbeitungszeit Position B, Proband 2:

Tabelle 7 Ballverarbeitungszeit (Position B/Proband 2) (Daten bereitgestellt durch Fraunhofer IIS)

Time Range	Beacon		Timediff. 1-2 [s]
(TG 1 - 2)	Player 4 L. Right Leg (20)		0,97
(TG 2 - 3)	Player 4 L. Right Leg (20)		0,823
(TG 3 - 4)	Player 4 L. Right Leg (20)		1,014
(TG 4 - 5)	Player 4 L. Right Leg (20)		1,026
(TG 5 - 6)	Player 4 L. Right Leg (20)		1,586
(TG 6 - 7)	Player 4 L. Right Leg (20)		1,121
(TG 7 - 8)	Player 4 L. Right Leg (20)		1,135
(TG 8 - 9)	Player 4 L. Right Leg (20)		1,033
(TG 9 - 10)	Player 4 L. Right Leg (20)		0,953
(TG 10 - 11)	Player 4 L. Right Leg (20)		1,014
(TG 11 - 12)	Player 4 L. Right Leg (20)		1,079
(TG 12 - 13)	Player 4 L. Right Leg (20)		1,018
(TG 13 - 14)	Player 4 L. Right Leg (20)		1,105
(TG 14 - 15)	Player 4 L. Right Leg (20)		1,016
(TG 15 - 16)	Player 4 L. Right Leg (20)		1,063
(TG 16 - 17)	Player 4 L. Right Leg (20)		0,998
(TG 17 - 18)	Player 4 L. Right Leg (20)		1,182
(TG 18 - 19)	Player 4 L. Right Leg (20)		1,069
(TG 19 - 20)	Player 4 L. Right Leg (20)		1,028
(TG 20 - 21)	Player 4 L. Right Leg (20)		1,051
		Mittelwert	1,0642
		Standardabweichung	0,140269954

Die durchschnittliche Ballverarbeitungszeit (Proband 2/Position B) beträgt auf eine Stelle hinterm Komma gerundet 1,1 Sekunden (siehe rote Markierung in Tab. 7). Die Abweichung der Ballverarbeitungszeit vom Mittelwert bei jedem Durchgang beträgt rund 0,14 Sekunden (siehe Standardabweichung in der roten Markierung in Tab. 7).

## Passpräzision Position B, Proband 1:

Tabelle 8 Passpräzision (Position B/Proband 1) (Daten bereitgestellt durch Fraunhofer IIS)

Time Range	Beacon		Min. Dist.-2D [m]
(TG 1 - 2)	Ball 1 Ball 1		1,509
(TG 2 - 3)	Ball 1 Ball 1		0,147
(TG 3 - 4)	Ball 1 Ball 1		1,573
(TG 4 - 5)	Ball 1 Ball 1		0,555
(TG 5 - 6)	Ball 1 Ball 1		0,444
(TG 6 - 7)	Ball 1 Ball 1		0,242
(TG 7 - 8)	Ball 1 Ball 1		0,371
(TG 8 - 9)	Ball 1 Ball 1		1,515
(TG 9 - 10)	Ball 1 Ball 1		0,938
(TG 10 - 11)	Ball 1 Ball 1		0,355
(TG 11 - 12)	Ball 1 Ball 1		0,216
(TG 12 - 13)	Ball 1 Ball 1		0,756
(TG 13 - 14)	Ball 1 Ball 1		0,976
(TG 14 - 15)	Ball 1 Ball 1		0,15
(TG 15 - 16)	Ball 1 Ball 1		0,783
(TG 16 - 17)	Ball 1 Ball 1		0,684
(TG 17 - 18)	Ball 1 Ball 1		0,697
(TG 18 - 19)	Ball 1 Ball 1		0,756
(TG 19 - 20)	Ball 1 Ball 1		0,031
(TG 20 - 21)	Ball 1 Ball 1		0,529
		Mittelwert	0,66135
		Standartabweichung	0,449453143

Der durchschnittliche geringste Abstand beim Passspiel von Proband 1 mit dem linken Fuß auf die Zielstange beträgt nach zwanzig Durchgängen, ausgehend von Position B, rund 66 cm. Jeder Pass auf die Zielstange wich dabei durchschnittlich 45 cm vom Mittelwert ab ((siehe rote Markierung in Tab. 8).

Der folgende Plot (Abb. 24) veranschaulicht in Versuch neunzehn (TG 19 – 20) den Positionsverlauf des Balles.



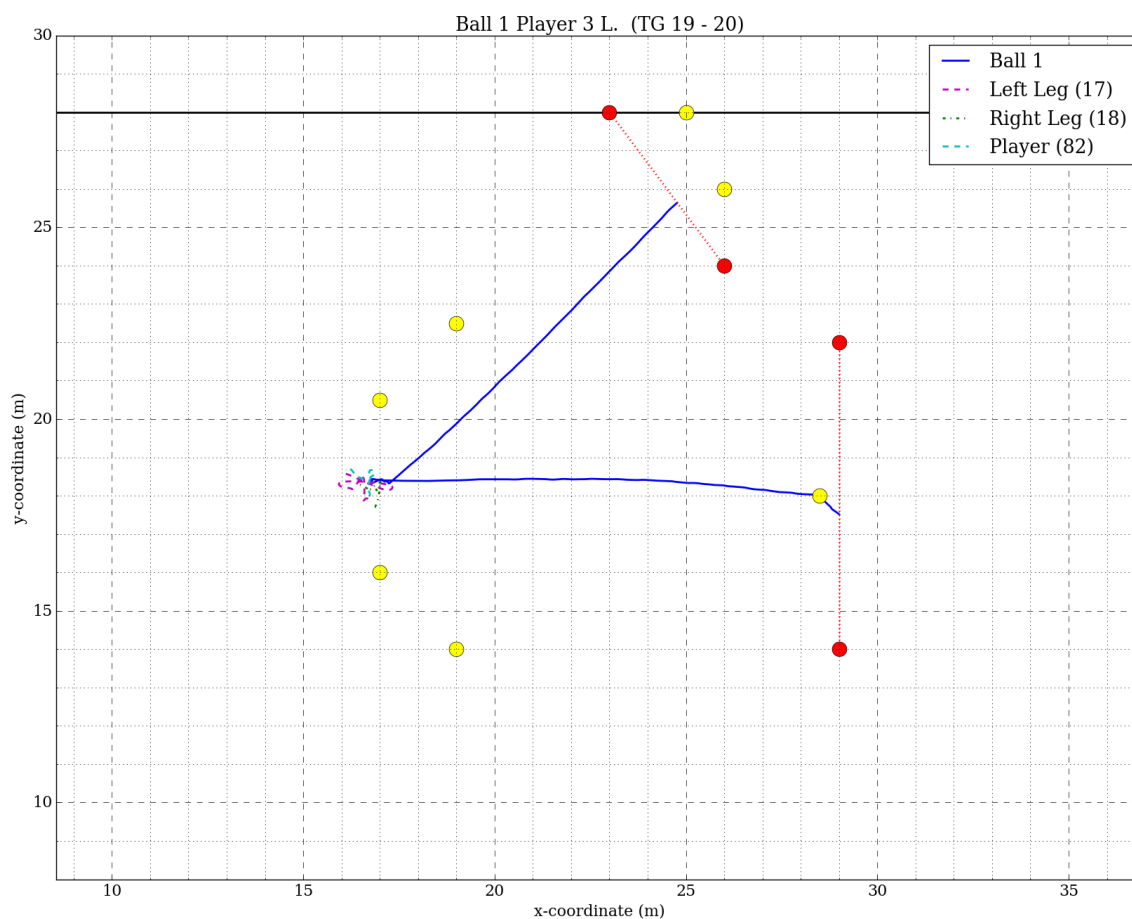


Abbildung 24 Plot für den Positionsverlauf des Balles (Position B/Proband 1) (bereitgestellt durch Fraunhofer IIS)

Anhand dieses Plots würde man einen Treffer der Zielstange vermuten. Das Ergebnis aus der Excel-Tabelle (Tab. 8) weist folgenden Wert auf (rote Markierung in Abb. 25):

(TG 19 - 20)	Ball 1 Ball 1	0,031
--------------	---------------	-------

Abbildung 25 Messung von Durchgang TG 19-20 der Passpräzision von Position B/Proband 1 (Einzelwerte bereitgestellt durch Fraunhofer IIS)

## Passpräzision Position B, Proband 2:

Tabelle 9 Passpräzision (Position B/Proband 2) (Daten bereitgestellt durch Fraunhofer IIS)

Time Range	Beacon		Min. Dist.-2D [m]
(TG 1 - 2)	Ball 1 Ball 1		0,023
(TG 2 - 3)	Ball 1 Ball 1		0,042
(TG 3 - 4)	Ball 1 Ball 1		0,304
(TG 4 - 5)	Ball 1 Ball 1		0,725
(TG 5 - 6)	Ball 1 Ball 1		0,148
(TG 6 - 7)	Ball 1 Ball 1		0,657
(TG 7 - 8)	Ball 1 Ball 1		0,105
(TG 8 - 9)	Ball 1 Ball 1		1,018
(TG 9 - 10)	Ball 1 Ball 1		0,732
(TG 10 - 11)	Ball 1 Ball 1		1,011
(TG 11 - 12)	Ball 1 Ball 1		0,184
(TG 12 - 13)	Ball 1 Ball 1		0,32
(TG 13 - 14)	Ball 1 Ball 1		0,453
(TG 14 - 15)	Ball 1 Ball 1		0,01
(TG 15 - 16)	Ball 1 Ball 1		0,879
(TG 16 - 17)	Ball 1 Ball 1		0,064
(TG 17 - 18)	Ball 1 Ball 1		0,724
(TG 18 - 19)	Ball 1 Ball 1		0,683
(TG 19 - 20)	Ball 1 Ball 1		0,397
(TG 20 - 21)	Ball 1 Ball 1		0,913
		Mittelwert	0,4696
		Standartabweichung	0,344154239

Der durchschnittliche geringste Abstand beim Passspiel von Proband 2 mit dem linken Fuß auf die Zielstange beträgt nach zwanzig Durchgängen, ausgehend von Position B, rund 47 cm. Jeder Pass auf die Zielstange wich dabei durchschnittlich 34 cm vom Mittelwert ab (Standardabweichung in Tab. 9).

Der folgende Plot (Abb. 26) veranschaulicht in Versuch neunzehn (TG 19 - 20) den Positionsverlauf des Balles.

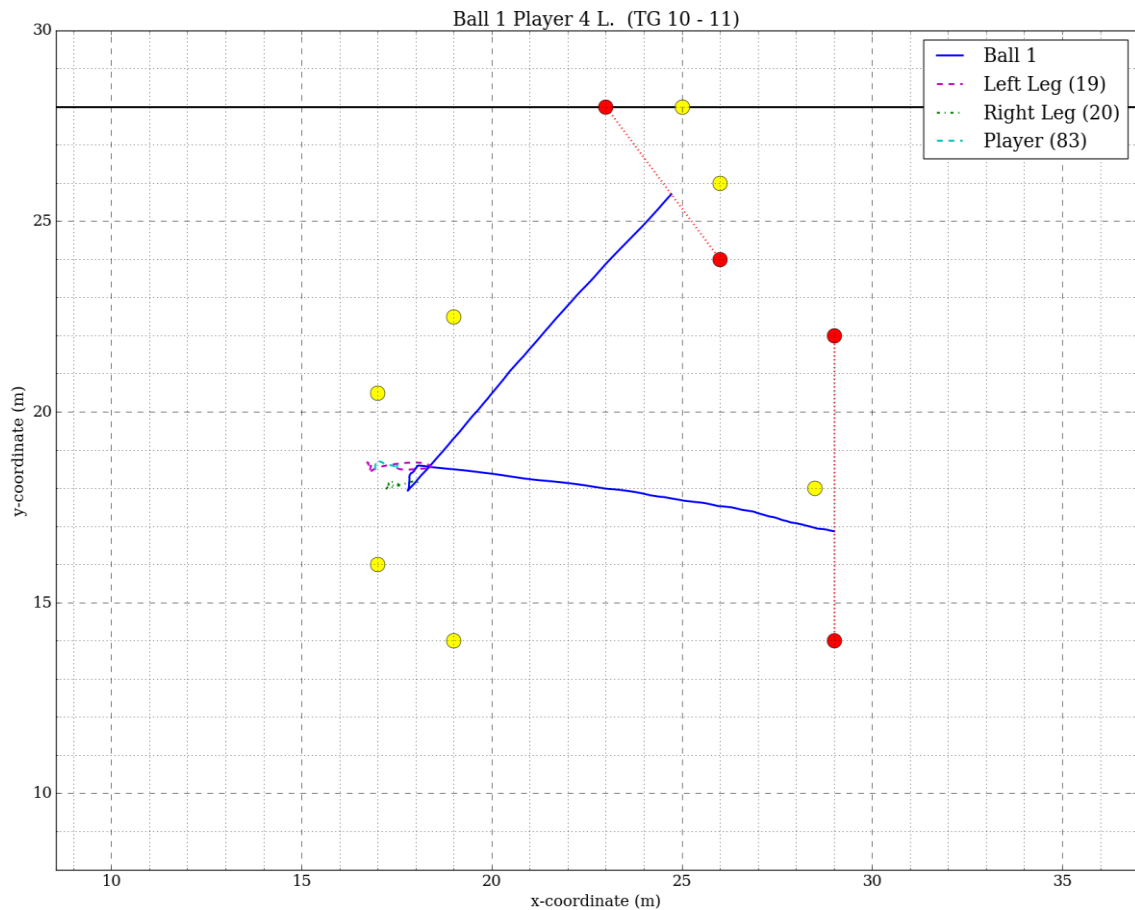


Abbildung 26 Plot für den Positionsverlauf des Balles (Position B/Proband 2) (bereitgestellt durch Fraunhofer IIS)

Anhand von diesem Plot würde man einen Abstand vom Ball zur Zielstange von ungefähr einem Meter vermuten. Das Ergebnis aus der Excel-Tabelle (Tab. 9) weist folgenden Wert auf (rote Markierung in Abb. 27):

(TG 10 - 11)	Ball 1 Ball 1			1,011
--------------	---------------	--	--	-------

Abbildung 27 Messung von Durchgang TG 10-11 der Passpräzision von Position B/Proband 2 (Einzelwerte bereitgestellt durch Fraunhofer IIS)

### 3.3.1 Überblick der Ergebnisse

Tabelle 10 Gesamtübersicht der Ergebnisse

<b>Ballverarbeitungszeit in Sekunden (s)</b>	<b>Position A</b>	<b>Position B</b>
Durchschnitt Proband 1	1,29105 s	1,42265 s
Durchschnitt Proband 2	1,00425 s	1,0642 s
Standardabweichung Proband 1	0,102713424 s	0,359060618 s
Standardabweichung Proband 2	0,110803373 s	0,140269954 s
<b>Passpräzision in Metern (m)</b>	<b>Position A</b>	<b>Position B</b>
Durchschnitt Proband 1	0,4395 m	0,66135 m
Durchschnitt Proband 2	0,356 m	0,4696 m
Standardabweichung Proband 1	0,267245112 m	0,449453143 m
Standardabweichung Proband 2	0,240898734 m	0,344154239 m

### 3.4 Diskussion

Die empirische Untersuchung zeigt, dass das RedFIR-System in der Lage ist, positionsgenaue Angaben von Fußball und Spielern zu machen. Ergänzend dazu wurde sichtbar dargestellt, dass Ballberührungen in Abhängigkeit vom linken und rechten Fuß erfasst werden können.

Die subjektive Einschätzung beider Probanden vor der Versuchsdurchführung war, dass die Ballverarbeitungszeit mit dem starken Fuß geringer ist im Vergleich zum schwachen und dass die Passpräzision mit dem starken Fuß höher ist als mit dem schwachen. Bei der Betrachtung der Ergebnisse beider Probanden sind deutliche Unterschiede zu erkennen.

Im Hinblick auf die Passpräzision wird sichtbar, dass das Passspiel mit dem starken Fuß auf die Zielstange präziser war als mit dem schwachen Fuß. Die Differenz zwischen den Ergebnissen mit dem starken und dem schwachen Fuß lagen bei Proband 1 bei rund 22 cm und bei Proband 2 bei rund 11 cm. Daher stehen die Messungen mit der Hypothese 1 im Einklang. Die Tendenz, dass ein Passspiel mit dem starken Fuß eine höhere Präzision erzielt, ist demnach erkennbar.

Hypothese 2 kann allerdings nicht eindeutig bestätigt werden, da die Zeitabstände der Ballverarbeitung mit dem starken Fuß im Vergleich zum schwachen Fuß zu gering sind. Eine klare Tendenz ist also bei dieser Messung nicht sichtbar geworden. Möglicherweise könnte das damit zusammenhängen, dass beide Beine bei der Ballverarbeitung beteiligt waren. Eine weitere Möglichkeit den Versuch durchzuführen wäre, wenn beide Kontakte mit demselben Bein stattfänden. Zusätzlich könnte die nicht eindeutige Bestätigung von Hypothese 2 mit den geringen Stichproben zusammenhängen. Würden die Messungen für die Ballverarbeitungszeit mit mehreren Probanden durchgeführt werden, wären Ergebnisse eindeutiger interpretierbar und ließen sich besser absichern.

Die Ergebnisse dieser empirischen Untersuchungen lassen vermuten, dass anhand dieses Anwendungsbeispiels eine Art praktische Leistungsdiagnostik mit dem RedFIR-System durchführbar ist. Ein Vorteil dieser Methode der Leistungs-

diagnostik ist es, dass sie mehrmals durchführbar ist und somit ein Leistungsverlauf erstellt werden kann. Mit Hilfe von Leistungsverläufen ist es anschließend möglich, Schwächen eines Spielers zu analysieren und gezielte Fertigkeitstrainings anzuwenden. Ein weiterer Vorteil des RedFIR-Systems besteht darin, dass die Leistungsdiagnostiken automatisiert erstellt werden. Eine nicht automatisierte Methode könnte bei kleinsten Fehlern eine Diagnostik unbrauchbar machen und würde dementsprechend weniger objektiv sein. Trotzdem sollte einer automatisierten Auswertung nicht blind vertraut werden.

## 4 Schlussteil

### 4.1 Fazit

Das Ziel der vorliegenden Bachelorarbeit bestand darin, zu veranschaulichen, inwiefern sich der deutsche Profifußball durch den Einsatz von Big-Data-Analysen verändert hat. Beginnend mit der Frage, warum Sporttechnologien im deutschen Profifußball Anwendung finden und ob sie ihn maßgeblich verändert haben, werden anschließend die wichtigsten Anwendungsbereiche von Datenanalysen im Profifußball beschrieben. Unter diesem Gesichtspunkt spielt der Datenschutz eine ergänzende Rolle. Bei der Verarbeitung der gesammelten Daten sind die gesetzlichen Vorgaben für den Schutz der Privatsphäre zu beachten. Weiterhin sind die gespeicherten Daten durch IT-Sicherheitssysteme vor Missbrauch zu sichern. Da es sich bei der Vermarktung der Analysen und Auswertungen um viel Geld handelt, hat der Datenschutz auch dabei einen sehr hohen Stellenwert.

Heutzutage werden Sporttechnologien entwickelt, die körperliche Belastungen von Profifußballern erfassen. Die Erfassung geschieht dabei durch Kameras oder diverse Ortungssysteme, die mit Sensoren am Körper und im Ball arbeiten. Die Daten, die dabei entstehen, können richtig interpretiert große Vorteile bringen. Werte wie Laufdistanz, Anzahl der Sprints, Höchstgeschwindigkeiten, Passgenauigkeit, Ballverarbeitungszeit, Anzahl der Richtungswechsel, Vitaldaten, sollen einen objektiven Aufschluss darüber bringen, welche Leistung ein Profispieler während eines Spiels erbringen kann. Anhand dieser Erkenntnisse können Trainer auf die Entwicklung von einzelnen Spielern und ganzen Mannschaften enormen Einfluss nehmen. Die Traditionen im Fußball bleiben dennoch unantastbar.

Datenanalysen können eine hilfreiche Methode sein, die Stärken eines Spielers durch gezieltes Training zu fokussieren und ersichtliche Schwächen zu beheben. Sporttechnologien sollen das Fußballspiel an sich nicht verändern, sondern weiterentwickeln. Die daraus entstehenden Analysen sollen lediglich neue Zusammenhänge im Fußball entdecken lassen. Richtungsweisend dabei ist, dass durch Big-Data-Analysen im Bereich des deutschen Profifußballs neue Möglichkeiten der Wahrnehmung geschaffen werden. Bei aller Technologie ist es aber immer

noch der Mensch mit seiner Erfahrung und seinem Fußballverstand, der am Ende die Daten qualitativ analysiert.

Um die Relevanz des Themas zu verdeutlichen, können die optimale Zusammenstellung der Mannschaft sowie die taktische Einstellung über das entscheidende Tor in allerletzter Minute entscheiden. In der Champions League kann das Erreichen der nächsten Runde Prämien in einem zweistelligen Millionenbereich ausmachen. Selbst der Einzug eines Drittligisten in die nächste DFB-Pokalrunde kann lukrativer sein als alle verkauften Tickets einer Saison. Deshalb ist es kein Wunder, dass Vereine und Verbände im professionellen Fußball nichts dem Zufall überlassen wollen und auf Sporttechnologien setzen. Anwendung finden Big-Data-Analysen im Profifußball vorwiegend für Performance-Analysen, im medizinischen Bereich und im Scouting.

Um dem theoretischen Teil dieser Bachelorarbeit Ausdruck zu verleihen, wird in der empirischen Untersuchung die Anwendungstauglichkeit der Sporttechnologie RedFIR untersucht.<sup>41</sup> Das senderbasierte Funkortungssystem wurde vom Fraunhofer Institut für Integrierte Schaltungen entwickelt und steht momentan noch in der Testphase. Das System wird für Testzwecke bisher bei der TSG 1899 Hoffenheim eingesetzt.

Das Gesamtergebnis dieser Bachelorarbeit stimmt mit den anfänglichen Erwartungen des Autors überein. Big-Data-Analysen bilden einen immer größer werdenden Mehrwert für den deutschen Profifußball. Dies zeigte auch der Anwendungstest der Sporttechnologie RedFIR, der in der empirischen Untersuchung durchgeführt wurde.

In den kommenden Jahren wird durch die hohe Aktualität des Themas der Forschungsbedarf für Sporttechnologien im deutschen Profifußball weiterhin anhalten oder wahrscheinlich sogar zunehmen. Die Nachfrage nach

---

<sup>41</sup> Vgl. Kapitel 3



vollautomatisierten Systemen für die Erfassung von Leistungsdaten im Profifußball wird groß sein, da durch die Sporttechnologien der Fußball auf ein neues Level der Professionalität gehoben wird.

Chancen durch die Weiterentwicklung ergeben sich nach Meinung des Autors durch ein voll automatisiertes System mit Analysen in Echtzeit. Die Leistungsdaten werden zukünftig mit Vitaldaten zusammengeführt und liefern neue Perspektiven für den Profifußball. Damit wird voraussichtlich auch die Vermarktung weiter an Bedeutung gewinnen. Neue Industrien können entstehen und neue Arbeitsplätze werden geschaffen.

Risiken liegen im Umfeld der missbräuchlichen Sammlung und Verarbeitung der Daten im Bereich der Leistungsdiagnostik. Der Datenschutz und die rechtliche Situation der Vermarktung sind wichtige Faktoren mit einer hohen Bedeutung für die Privatsphäre der Profifußballer.

Abschließend gilt es zu sagen, dass der Autor bei der Anfertigung dieser Bachelorarbeit viel über dieses Thema und dessen Relevanz gelernt hat. Durch die Kooperation mit dem Fraunhofer Institut für Integrierte Schaltungen IIS wurde es dem Autor ermöglicht, sich mit der Materie der Sporttechnologie RedFIR genauestens auseinanderzusetzen. Sowohl Expertengespräche als auch der Test des RedFIR-Systems haben maßgeblich dazu beigetragen, den Grundbaustein für diese Bachelorarbeit zu legen.

## Literaturverzeichnis

Ahr, K. [2015]

Bildverarbeitung im Fußball. HD-Spielertracking in der Bundesliga, verfügbar unter: <http://www.elektroniknet.de/automation/sonstiges/artikel/90403/0/> (23.06.2016.)

Bitkom [2012]

Big Data im Praxiseinsatz – Szenarien, Beispiele, Effekte, verfügbar unter: [http://www.bitkom.org/de/publikationen/38337\\_73446.aspx](http://www.bitkom.org/de/publikationen/38337_73446.aspx) (15.06.2016)

Braun, C./Seemann, L. [2015]

(Spieler + Big Data) x Analyse Erfolg Fußball ist (keine) Mathematik. Wie Daten den Fußball beeinflussen, verfügbar unter: [http://docplayer.org/952208-Spieler-big-data-x-analyse-erfolg-fussball-ist-keine-mathematik-wie-daten-den-fussball-beeinflussen.html#download\\_tab\\_content](http://docplayer.org/952208-Spieler-big-data-x-analyse-erfolg-fussball-ist-keine-mathematik-wie-daten-den-fussball-beeinflussen.html#download_tab_content) (12.06.2016).

Dejure [2009]

Bundesdatenschutzgesetz. § 32 Datenerhebung, -verarbeitung und -nutzung für Zwecke des Beschäftigungsverhältnisses, verfügbar unter: <http://dejure.org/gesetze/BDSG/32.html> (20.06.2016)

Dellal, A./Da Silva, C./Hill-Haas, S./Wong, D. P./Natali, A. J./De Lima, J. R. P./Filho, M. G. B. B./Marins, J. J. C. B./Garcia, E. S./Karim, C. [2012]

heart rate monitoring in soccer: interest and limits during competitive match play and training, practical application. Introduction, in: National Strength and Conditioning Association (Hrsg): The Journal of Strength and Conditioning Research, USA 2012, S. 2890

Dellal, A./Da Silva, C./Hill-Haas, S./Wong, D. P./Natali, A. J./De Lima, J. R. P./Filho, M. G. B. B./Marins, J. J. C. B./Garcia, E. S./Karim, C. [2012]

heart rate monitoring in soccer: interest and limits during competitive match play and training, practical application. Introduction, in: National Strength and Conditioning Association (Hrsg): The Journal of Strength and Conditioning Research, USA 2012, S. 2891

Dellal, A./Da Silva, C./Hill-Haas, S./Wong, D. P./Natali, A. J./De Lima, J. R. P./Filho, M. G. B. B./Marins, J. J. C. B./Garcia, E. S./Karim, C. [2012]

heart rate monitoring in soccer: interest and limits during competitive match play and training, practical application. Introduction, in: National Strength and Conditioning Association (Hrsg): The Journal of Strength and Conditioning Research, USA 2012, S. 2892- 2893

Dellal, A./Da Silva, C./Hill-Haas, S./Wong, D. P./Natali, A. J./De Lima, J. R. P./Filho, M. G. B. B./Marins, J. J. C. B./Garcia, E. S./Karim, C. [2012]

heart rate monitoring in soccer: interest and limits during competitive match play and training, practical application. Introduction, in: National Strength and Conditioning Association (Hrsg): The Journal of Strength and Conditioning Research, USA 2012, S. 2902

Dettwiler, F./Telley, I. A./Denoth, J. . [2008]

Einfluss der Temperatur und Kontraktionsform auf das Ermüdungsverhalten von isolierten Muskelzellen. Einleitung, verfügbar unter:

[http://www.sgsm.ch/fileadmin/user\\_upload/Zeitschrift/56-2008-2/Fusserm\\_dung\\_Spomed\\_2\\_2008\\_Dettwiler.pdf](http://www.sgsm.ch/fileadmin/user_upload/Zeitschrift/56-2008-2/Fusserm_dung_Spomed_2_2008_Dettwiler.pdf) (29.06.2016)

Erwin, T. [2014]

Big Data ersetzt das Bauchgefühl. Was Unternehmen vom Fußballlernen können – und was nicht, verfügbar unter: <https://klardenker.kpmg.de/big-data-ersetzt-das-bauchgefuehl/?createpdf=1997> (10.06.2016).

Feindt, M. [2014]

Bauchgefühl oder kühle Berechnung – Wer wird Fußball-Weltmeister 2014? Frankfurt, Karlsruher Institut für Technologie (KIT), 3. Big Data & Analytics Kongress, 2014, S. 16-28.

FTAPI [2015]

Big Data im Fußball: von „laptop-trainern“ und Titelkämpfen, die zunehmend auf dem digitalen Spielfeld ausgefochten werden, verfügbar unter: <https://www.ftapi.com/service/blog/Big-Data-im-Fussball-Von-Laptop-Trainern-und-Titelkaempfen-die-zunehmend-auf-dem-digitalen-Spielfeld-ausgefochten-werden> (25.05.2016).

GPSports [o. J.]

Manage training volume and intensity, verfügbar unter: <http://gpsports.com/system-benefits/> (20.06.2016)

GPSports [o. J.]

GPSports – The Athlete Tracking System of European Football, verfügbar unter: <http://gpsports.com/football/> (20.06.2016)

GPSports [o. J.]

Who we are, verfügbar unter: <http://gpsports.com/about/> (20.06.2016)

Grüling, B. [2016]

Spielanalysen. Wie Big Data den Profi-fußball verändert, verfügbar unter: <http://www.welt.de/wissenschaft/article143136567/Wie-Big-Data-den-Profi-Fussball-veraendert.html> (10.06.2016)

Haag, N. [2015]

Leistungsdaten von Fußball-Profis: Kein Datenschutz in der Bundesliga? Verfügbar unter: <https://www.datenschutzbeauftragter-info.de/leistungsdaten-von-fussball-profis-kein-datenschutz-in-der-bundesliga/> (20.06.2016)

Haag, N. [2015]

Medizincheck bei Fußball-Transfers: Was darf veröffentlicht werden?

Verfügbar unter: <https://www.datenschutzbeauftragter-info.de/medizin-check-bei-fussball-transfers-was-darf-veroeffentlicht-werden/>

(20.06.2016)

Herrmann, K. [2015]

Bundesliga. Tracking: Ein Blick hinter die Kulissen der Datenerhebung,

verfügbar unter: <http://www.bundesliga.de/de/liga/news/inside-tracking-daten-ein-blick-hinter-die-kulissen-der-datenerhebung-dfl-digital-sports.jsp>

(17.06.2016)

Hohmann, A./Lames, M./Letzelter, M. [2015]

Leistungsdiagnostik. Leistungsdiagnostik in der Trainings- und Wettkampfpraxis, in: Einführung in die Trainingswissenschaft, 5. Aufl., Wiesbaden 2010, S.151

Impire AG [o. J.]

Die deltatre AG, verfügbar unter:

<http://www.bundesliga-datenbank.de/de/aboutus/> (17.06.2016)

Impire AG [o. J.]

VIS-TRACK live, verfügbar unter: [http://www.bundesliga-datenbank.de/fileadmin/impire/products/Produktinformationen/VIS.TRACK\\_-\\_Produktionformation.pdf](http://www.bundesliga-datenbank.de/fileadmin/impire/products/Produktinformationen/VIS.TRACK_-_Produktionformation.pdf) (17.06.2016)

Impire AG [o. J.]

VT.PanoramicView, verfügbar unter: [http://www.bundesliga-datenbank.de/fileadmin/impire/products/Produktinformationen/VT.PanoramicView\\_-\\_Produktionformation.pdf](http://www.bundesliga-datenbank.de/fileadmin/impire/products/Produktinformationen/VT.PanoramicView_-_Produktionformation.pdf) (17.06.2016)

Institut für Sportdiagnostik [o. J.]

Optimiertes Fettstoffwechseltraining. Was ist Laktat, verfügbar unter:  
<http://www.sportdiagnostik.de/laktat/fettstoffwechseltraining/was-ist-laktat.html> (29.06.2016)

Justice, R./MLB.com [2013]

Beane has changed game for the better, verfügbar unter:  
<http://m.mlb.com/news/article/66022788/> (20.06.2016)

Kraus, H. [2013]

Big Data – Einsatzfelder und Herausforderungen, Essen, FOM Hochschule für Ökonomie & Management, Arbeitspapiere, 2013.

Koenen, J./Fasse, M. [2014]

Big Data im Sport. Der gläserne Lahm, verfügbar unter:  
<http://www.handelsblatt.com/technik/vernetzt/big-data-im-sport-der-glaeserne-lahm/10707508.html> (20.06.2016)

Pohl, K. [2009]

Sportlerernährung. Bewegung braucht Brennstoff, verfügbar unter:  
<http://www.pharmazeutische-zeitung.de/?id=29803> (29.06.2016)

Schmitt, T. [2013]

Das digitale Stadion Wird Fußball zum Computer-Spiel? Verfügbar unter:  
<http://www.extremnews.com/nachrichten/sport/49f015dcbac5298>  
(30.06.2016)

Seidl, T./Völker, M./Witt, N./Poimann,D./Czyz,T./ [2016]

Evaluating the Indoor Football Tracking Accuracy of a Radio-Based Real-Time Locating System. Introduction, in: Chung,P./Soltoggio,A./Dawson, C. W./Meng, Q./Pain,M. (Hrsg.): Proceedings of the 10th International Symposium on Computer Science in Sports (ISCSS). 1<sup>st</sup> ed., Switzerland 2016, S. 218.

Seidl, T./Völker, M./Witt, N./Poimann, D./Czyz, T. / [2016]

Evaluating the Indoor Football Tracking Accuracy of a Radio-Based Real-Time Locating System. The RedFIR Real-Time Locating System, in: Chung, P./Soltoggio, A./Dawson, C. W./Meng, Q./Pain, M. (Hrsg.): Proceedings of the 10th International Symposium on Computer Science in Sports (ISCSS). 1<sup>st</sup> ed., Switzerland 2016, S. 219.

Stern [2015]

Big Data in der Bundesliga am Vormarsch, verfügbar unter:  
[http://www.stern.de/sport/fussball/fussball--big-data-in-der-bundesliga-am-vormarsch-6423846.html#utm\\_campaign=alle&utm\\_medium=rss-feed&utm\\_source=standard](http://www.stern.de/sport/fussball/fussball--big-data-in-der-bundesliga-am-vormarsch-6423846.html#utm_campaign=alle&utm_medium=rss-feed&utm_source=standard) (01.06.2016).

Steinebach, M./Winter, C./Halvani, O./Schäfer, M./Yannikos, Y [2015]

Chancen durch Big Data und die Frage des Privatsphärenschutzes. Teil I. Informationsbroschüre, in Waidner, M. (Hrsg.): Begleitpapier Bürgerdialog (SIT Technical Reports 06/2015, S. 8-10), Stuttgart 2015

Transfermarkt.de [o. J.]

Transfersalden (Einnahmen und Ausgaben), verfügbar unter:  
[http://www.transfermarkt.de/transfers/transfersalden/statistik/plus/0?sa=1&saison\\_id=1980&saison\\_id\\_bis=1980&land\\_id=40&nat=&pos=&w\\_s=](http://www.transfermarkt.de/transfers/transfersalden/statistik/plus/0?sa=1&saison_id=1980&saison_id_bis=1980&land_id=40&nat=&pos=&w_s=) (30.06.2016)

Transfermarkt.de [o. J.]

Transfersalden (Einnahmen und Ausgaben), verfügbar unter:  
[http://www.transfermarkt.de/transfers/transfersalden/statistik/plus/0?sa=1&saison\\_id=2015&saison\\_id\\_bis=2015&land\\_id=40&nat=&pos=&w\\_s=](http://www.transfermarkt.de/transfers/transfersalden/statistik/plus/0?sa=1&saison_id=2015&saison_id_bis=2015&land_id=40&nat=&pos=&w_s=) (30.06.2016)

Von der Grün,T./Franke,N./Wolf,D./Witt,N./Eidloth,A. [2011]

A Real-Time Tracking System for Football Match and Training Analysis. Selected System Aspects, in: Heuberger,A./Elst,G./Hanke,R. (Hrsg.): Microelectronic Systems. Circuits, Systems and Applications, illustriert, Heidelberg 2011, S. 204-207.

Von der Grün,T./Franke,N./Wolf,D./Witt,N./Eidloth,A. [2011]

A Real-Time Tracking System for Football Match and Training Analysis. Event Detection and Sports Analysis, in: Heuberger,A./Elst,G./Hanke,R. (Hrsg.): Microelectronic Systems. Circuits, Systems and Applications, illustriert, Heidelberg 2011, S. 208.

Von der Grün,T./Franke,N./Wolf,D./Witt,N./Eidloth,A. [2011]

A Real-Time Tracking System for Football Match and Training Analysis. System Description, in: Heuberger,A./Elst,G./Hanke,R. (Hrsg.): Microelectronic Systems. Circuits, Systems and Applications, illustriert, Heidelberg 2011, S. 201.

Weiss, H. [2015]

Big Data verändert auch die Fußballwelt. Ausgabe Nr. 24, verfügbar unter: <http://www.vdi-nachrichten.com/Technik-Wirtschaft/Big-Data-veraendert-Fussballwelt> (12.06.2015)



## Eigenständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe. Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht. Diese Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

---

Ort, Datum

Vorname Nachname